
APPLIED MECHANICS
PART I.

CHICHCUR.

डियागत यंत्रशास्त्र

(मेकानिक्स)

भाग १वा

चीचुर,

ગૂજરાત વિદ્યાપીઠ ગ્રંથાલય

[ગજરાતી કાર્યારાઝિટ વિભાગ]

અનુક્રમાંક ૧૪૮૧૫ વર્ગીક

પુસ્તકનું નામ ડ્રિયાગલ યાત્રાશાસ્ત્રી

વિષય મ : ૬૪૧૬ : ૨૪ : ૧૬

APPLIED MECHANICS

Specially arranged for the use of students in
Technical Schools under the control of the
Committee of Direction for Technical
Education, Bombay Presidency, and
for Apprentices, Engineers and
Mechanics generally.

PART I

CHAPTERS 1 To 10

BY

Pirojshaw Edalji Chichgur

A. M. I. MECH. E., A. M. I. E. (IND.),

**Superintendent, The F. S. Parekh
Technical Institute, Surat.**

**Formerly Head Master, The J. N.
Tata Technical School, Navsari.**

ALL RIGHTS RESERVED

PRINTED BY VAJERAM MANSING AT THE "SURAT CITY"
PRINTING PRESS, NEAR CHOUTA BRIDGE, SURAT.

&

PUBLISHED BY PIROJSHAW EDALJI CHICHGUR AT THE
F. S. PAREKH TECHNICAL INSTITUTE, SONI FALIA, SURAT.

APPLIED MECHANICS
PART I

क्रियागत यंत्रशास्त्र
(अष्टाध्दि भीकेनीकस)
भाग १ले।

ક્રિયાગત યંત્રશાસ્ત્ર

(એપ્લાઈડ મીકેનીક્સ)

મુંબઈ ઈલાકાની કમીટી ઓફ ડાયરેક્શન ફોર
ટેકનીકલ એજ્યુકેશનના તાબા હેઠળની
ટેકનીકલ સ્કૂલોમાં વિદ્યાર્થીઓ માટે
તથા એપ્રેન્ટીસ, એન્જનીયરો
અને મીકેનીક માટે
ઉપયોગી પુસ્તક

ભાગ પહેલો

પ્રકરણ ૧ થી ૧૦

કર્તા

પીરિજશા એદલજી ચીચગર,

એ. એમ. આઈ. મીકેનીકલ. ઈ.

એ. એમ. આઈ. ઈ. (ઇન્ડિયા).

સુરતની ધી એફ. એસ. પારેખ ટેકનીકલ ઈન્સ્ટીટ્યુટના

સુપ્રીન્ટેન્ડન્ટ,

નવસારીની ધી જી. એન. તાતા ટેકનીકલ સ્કૂલના આગલા

હેડમાસ્ટર.

ગુજરાત વિધાપીઠ ગ્રંથાલય
અમદાવાદ
ગુજરાતી કૉપીરાઈટ-સંગ્રહ
૧૯૫૫

સર્વ હક કર્તાએ સ્વાધિન રાખ્યા છે.

પ્રસ્તાવના

ગુજરાતી ભાષામાં એન્જનીયરીંગ વિષયને લગતાં પુસ્તકો બહુ જ થોડાં હોવાથી અંગ્રેજી ન બોલેલા અથવા ઓછું બોલેલા એન્જનીયરીંગ લાઈનના વિદ્યાર્થીઓ અને એપ્રેન્ટીસોને એ વિષયને લગતું શાસ્ત્રિય જ્ઞાન મેળવવામાં ઘણી મુશ્કેલી નડે છે. એન્જનીયરીંગ લાઈનના વિદ્યાર્થીઓ માટે એપ્લાઈડ મીકેનિક્સ (ક્રિયાગત યંત્ર શાસ્ત્ર)નો વિષય અગત્યનો હોવાથી અને એ વિષયને લગતું કોઈ પણ પુસ્તક ગુજરાતી ભાષામાં ન હોવાથી આવા વિદ્યાર્થીઓને એ વિષય શીખવામાં ઘણી મુશ્કેલી માલમ પડતી આ પુસ્તકના કર્તાએ ટેકનીકલ સ્કૂલોમાં પોતાના આઠ વર્ષના શિક્ષક તરીકેના અનુભવમાં જોઈ છે. આ મુશ્કેલી દુર કરવાના હેતુથી કર્તાએ એન્જનીયરીંગ તથા તેને લગતી શાખાઓના વિદ્યાર્થીઓ તથા કારખાનામાં કામ કરતા એપ્રેન્ટીસો અને કારીગરોને ઉપયોગી થઈ પડે એવું આ વિષયને લગતું પુસ્તક ગુજરાતી ભાષામાં તૈયાર કરવાનો પ્રયત્ન કર્યો છે.

મુંબઈ ઇલાકાની કમીટી ઓફ ડાયરેક્શન ફોર ટેકનીકલ એજ્યુકેશને નક્કી કરેલા આ વિષયના ત્રણ વર્ષના ક્રમ (કોર્સ) મુજબ એપ્લાઈડ મીકેનિક્સનાં આખાં પુસ્તકને ત્રણ ભાગમાં વહેંચી દરેક ભાગ છૂટો છપાવી પ્રગટ કરવાની ધારણા રાખવામાં આવી છે, કે જેથી દરેક વર્ગના વિદ્યાર્થીઓ અને શીખાઉ દરેક છૂટો ભાગ સવળ મુજબ ખરીદી શકે. તે મુજબ આ પહેલા ભાગનું પુસ્તક પ્રગટ કરવામાં આવ્યું છે, અને બીજા ભાગનું પુસ્તક પણ થોડા વખતમાં બહાર પાડવાની કર્તા આશા રાખે છે. આ પહેલા ભાગનાં પુસ્તકમાં મુંબઈ ઇલાકાની કમીટી ઓફ ડાયરેક્શન ફોર ટેકનીકલ એજ્યુકેશને મંજૂર કરેલા પહેલા વર્ષના ક્રમ (કોર્સ)નો સમાવેશ કરવામાં આવ્યો છે.

આ પુસ્તકમાં એપ્લાઈડ મીકેનિક્સને લગતા શાસ્ત્રિય નિયમો વ્યવહારમાં કેવી રીતે લાગુ પડે છે તે દરેક પ્રકરણમાં ગણેલા નમુનાના દાખલાઓની સંખ્યા જેમ અને તેમ વધુ પ્રમાણમાં આપી સ્પષ્ટ સમજાવવાનો પ્રયત્ન કરવામાં આવ્યો છે. વળી દરેક પ્રકરણને છેડે

વ્યવહારમાં ઉપયોગી થઈ પડે એવા દાખલાઓ જેમ અને તેમ વધુ સંખ્યામાં આપવામાં આવ્યા છે, જેથી વિદ્યાર્થીઓને પોતાની મેળે ઘરે અથવા વર્ગમાં ગણવાનું સવળ થઈ પડે.

એન્જનીયરીંગ અને તેને લગતી શાખાઓના વિષયોનો અભ્યાસ શરૂ કરવા પહેલાં વિદ્યાર્થીઓને ભૂમિતિ અને માપકરણ (મેન્સ્યુરેશન)નાં મૂળ તત્ત્વોની માહિતીની અવશ્ય જરૂર હોવાથી આ પુસ્તકની શરૂઆતમાં આ વિષયને લગતું પ્રકરણ આપવામાં આવ્યું છે.

આ પુસ્તક રચવામાં કર્તાએ મેસર્સ જેમીસન, ક્યુર અને નેરડન, લો, ઠંકન, વિગેરે લેખકોનાં પુસ્તકોની મદદ લીધી છે, જે માટે તેમનો આભારી છું.

વળી આ પુસ્તક લખવાનાં અને તેને પ્રગટ કરવાનાં કામમાં મને ઉત્તેજન અને મદદ આપવા માટે કમીટી ઓફ ડાયરેક્શન ફોર ટેકનીકલ એન્જ્યુકેશન તથા તેના સેક્રટરી મી. એ. જે. ટરનરનો, અને મુખ્ય ઇલાકાનાં કેળવણી ખાતાના ડાયરેક્ટર સાહેબનો આ તકે ખાસ આભાર માનું છું.

આ પુસ્તકમાં આવેલી આકૃતિના બ્લોકસ બનાવવા માટે ડ્રોઇંગો મારી સૂચના મુજબ તૈયાર કરવામાં તેમજ દરેક પ્રકરણને છેડે આપેલી એક્સર્સીઝિના દાખલાઓના જવાબો શોધવામાં મને મદદ આપવા માટે પારેખ ટેકનીકલ ઇન્સ્ટીટ્યુટના ડોઇંગ ટીચર મી. દેવશંકર વી.બટને અને મેથેમેટીક્સ ટીચર મી. મગનલાલ કે. શ્રાંકનો આભાર માનું છું.

આ પુસ્તકમાં દાખલાઓની સંખ્યા ઘણી હોવાથી તેમજ કર્તાનો પુસ્તક લખવાનો આ પહેલોજ પ્રયત્ન હોવાથી આ પુસ્તકમાં કોઈક ભુલો અને ખામીઓ વાંચનારને જણાશે, જે તરફ કર્તાનું ધ્યાન ખેંચવામાં આવશે તો ઉપકાર સહિત તેનો સ્વીકાર કરવામાં આવશે.

પારેખ ટેકનીકલ ઇન્સ્ટીટ્યુટ, } પારેખશા એ. ચીચગર.
સુરત, તા. ૧લી મે ૧૯૨૯.

अनुक्रमणिका

CONTENTS

प्रकरण १६

भाषकरण.

पृष्ठ

सूत्रमितिने लगती व्याख्याओ—त्रिकोणुनी आणुओनी
लंबाई, वर्तुल तथा लंबगोणना परिध, मोड, अने रीवेटना
पीय, पीय लाईन, अने पीय सर्कल शोधवानी रीतो
दाखलाओ साथे—योरस, लंबयोरस, कोणपिणु समांतरआणु
योपुण, त्रिकोण, त्रैपेजीयम, त्रैपेजोईड. अने अल्लु कोणा-
दृतिनां क्षेत्रदृणो; आरआणुनी अनेली आदृति जेनी अेक आणु
वांकवाणी होय तेनुं क्षेत्रदृण, सामसननो नियम; वर्तुल,
सेक्टर, सेग्मेन्ट, अने लंबगोणनां क्षेत्रदृणो, दाखलाओ
साथे—वर्तुल स्थंभ (सीलीन्डर), गोणा, शंकु (कोन) अने
शंकुनां क्रस्त्रमनां पृष्ठदृणो, दाखलाओ साथे—कट कोणु प्रीजम,
धन (क्युप), वर्तुलाकार स्थंभ, शंकु, शंकुनां क्रस्त्रम, गोणा,
गोणानां सेग्मेन्ट, अने वर्तुल स्थंभ (सीलीन्डर)नां सेग्मेन्टनां
धनदृणो, दाखलाओ साथे—पदार्थना अेक धनपुट अने अेक
धन ईयिनुं पन्न शोधवानी रीत, पदार्थे तथा धनभाषेनां
पन्नो तथा टांकीने लगता दाखलाओ—अेकसर्साईज...

१-५८

प्रकरण २०

जेर, मेटर, विशिष्ट गुणत्व, पन्न.

अेखाईड मीकेनीकस (क्रियागत यंत्रशास्त्र)नी व्याख्या-
स्टेटीकस, डायनेमीकस अने हायड्रोस्टैटिकसनी व्याख्याओ—जेर-

મેટર-જેરનો એકમ-સાંદ્રતા (ડેન્સિટી)-વિશિષ્ટ સાંદ્રતા
(સ્પેસીફિક ડેન્સિટી)-ગુરુત્વ મધ્ય બિંદુ-વિશિષ્ટ ગુરુત્વ-
વિશિષ્ટ ગુરુત્વ શોધવાની રીત, પદાર્થોની વિશિષ્ટ ગુરુત્વનો કોઠો ૫૯-૬૫

પ્રકરણ ૩જું

સીધી લીટીમાં કાર્ય કરતાં જોરો. કાર્ય અને પ્રતિકાર્ય.

સીધી લીટીમાં કાર્ય કરતાં જોરો, જોરોને રેખા વડે
દાખવાની રીત-સમતોલ જોરો-કાર્ય અને પ્રતિકાર્ય-રીઝલ્ટન્ટ
અને કમ્પોનન્ટ-સીધી લીટીમાં કાર્ય કરતાં જોરોનો રીઝલ્ટન્ટ ૬૬-૭૧

પ્રકરણ ૪થું

કામ. હોર્સપાવર.

કામ, કામનો એકમ અને તેને લગતા દાખલાઓ-ક્રિયા
દરમ્યાન એક સરખી રીતે ફેરફાર થતા અવરોધ સામે
થતું કામ અને દાખલાઓ-પાવર, હોર્સપાવરનો એકમ,
હોર્સપાવર શોધવાની રીત અને દાખલાઓ-એકસર્સાઈઝ ૭૨-૧૦૪

પ્રકરણ ૫ મું

પેરેલેલોગ્રામ ઓફ ફોર્સીસ. ત્રાયએંગલ ઓફ ફોર્સીસ.
પોલીગોન ઓફ ફોર્સીસ.

પેરેલેલોગ્રામ ઓફ ફોર્સીસ-રીઝલ્ટન્ટ અને કમ્પોનન્ટસ,
તથા દાખલાઓ-ત્રાયએંગલ ઓફ ફોર્સીસ-જોરોને અક્ષરો
વડે નામ આપવાની રીત, બાઉન્ડ નોટેશન-જોરોનો સ્વભાવ
નક્કી કરવાની રીત-જીપ્સકેન, શીઅર લેગ્ઝ, અને દાખલાઓ
-એક બિંદુ ઉપર કાર્ય કરતાં જોરોની કોઈ પણ સંખ્યાનો
રીઝલ્ટન્ટ-પોલીગોન ઓફ ફોર્સીસ-એકસર્સાઈઝ... .. ૧૦૫-૧૨૨

પ્રકરણ ૬૬

મોમેન્ટ. સમાંતર જોરો. લીવર્સ.

૫૪

મોમેન્ટ, મોમેન્ટનો નિયમ, અને દાખલાઓ—સમાંતર કાર્યકરતાં જોરો—સમાન અને અસમાન સમાંતર જોરો—સમાંતર જોરોનો રીઝલ્ટન્ટ—કપલ—ગુરૂત્વમધ્યર્થિદુ — લીવર—લીવરમાં સમતોલપણાની સ્થિતિઓ—લીવરના ક્રમો (ઓરડર ઓફ લીવર્સ)—ફર્સ્ટ, સેકન્ડ, અને થર્ડ ઓરડરનાં લીવરો અને દાખલાઓ—એક્સસર્સાઈઝ—લીવરનું વજન ધ્યાનમાં લેવા વિષે, દાખલાઓ સાથે—ફલક્રમનું સ્થાન શોધવા વિષે દાખલાઓ સાથે—એક્સસર્સાઈઝ—લીવર સેફ્ટી વાલ્વ અને દાખલાઓ—એક્સસર્સાઈઝ—જે લીવર ઉપર ઢળતી દિશામાં જોરો કાર્ય કરે તે લીવરો—એન્ટ એટલે વળેલાં લીવર અને દાખલાઓ—એક્સસર્સાઈઝ ૧૨૩-૧૬૮

પ્રકરણ ૭મું

સાદાં યંત્રો—જેવાં કે, વ્હીલ અને એક્સલ, વિંચ, કેપ્સ્ટન વિગેરે.

સાદાં યંત્રો—વ્હીલ અને એક્સલ—વ્હીલ અને એક્સલને લાગુ પાડવામાં આવતો મોમેન્ટનો નિયમ અને કામનો નિયમ, તથા દાખલાઓ—કેપ્સ્ટન અને દાખલા—એક્સસર્સાઈઝ ૧૬૯-૧૮૦

પ્રકરણ ૮મું

મુકી તથા ચીકણી કરેલી સપાટીનાં ધર્ષણ. ત્રેકશન.

ધર્ષણની વ્યાખ્યા—એન્જનીયરીંગ વ્યાખ્યામાં ધર્ષણના લાભ અને ગેરલાભ—નક્કર પદાર્થોનાં ધર્ષણના નિયમો—ધર્ષણના પહેલા નિયમની સમજણ—કોએફીશન્ટ ઓફ ફ્રીક્શન (ધર્ષણનો ગુણક)—ગુદા ગુદા પદાર્થો માટે તેની સપાટીઓની સ્થિતિ મુજબનાં કોએફીશન્ટ ઓફ ફ્રીક્શન—એંગલ ઓફ રીપોઝ—ગુદા ગુદા પદાર્થોની ગુદી ગુદી સપાટીઓ

માટેનાં એંગલ એન્જી રીપોઝ-ધર્પણના બીજા નિયમની સમજણ—પ્રવાહી પદાર્થોનાં ધર્પણ—પ્રવાહી પદાર્થોનાં ધર્પણના નિયમો—પ્રવાહીમાં ચીકણનો ગુણ એટલે વીસ્કોસીટી—સાધારણ બેરીંગ માટે ધર્પણના નિયમ—બેરીંગોને ચીકણવાળી બનાવવા વિષે (લ્યુબ્રીકેશન)—ગળડતાં બહીલ અથવા રોલરનું ધર્પણ—સરકવાનો સંબંધ (સ્લાઇડીંગ કોન્ટેક્ટ), અને ગળડવાનો સંબંધ (રોલીંગ કોન્ટેક્ટ)—ધર્પણનો અવરોધ દૂર કરવામાં થતું કામ—ખેંચવાનું બેર (ત્રિકતીવ ડ્રોસી)—બુદી બુદી બાતના રસ્તાઓ કિપર દર ટન દીઠ આવતા અવરોધ અથવા પ્રેક્શન, અને ઘાખલાઓ એક્સસાઇઝ ... ૧૮૧ ૧૮૬

પ્રકરણ ૯મું

ઢાળ ઉપર ખેંચાણનું બેર અને તે ઉપર વજન ખસેડતાં થતાં કામ

ધર્પણ ધ્યાનમાં ન લેતાં ઢાળ ઉપર વજન ખસેડતાં થતું કામ અને ઘાખલાઓ ધર્પણ ધ્યાનમાં લેતાં વજનને ઢાળ ઉપર ચઢાવતાં થતું કામ અને ઢાળ ઉપરથી નીચે ગળાવરતાં થતું કામ તથા ઘાખલાઓ એક્સસાઇઝ ... ૨૦૦-૨૧૫

પ્રકરણ ૧૦મું

શક્તિ, કાર્યસાધકત્વ (એરીશીઅન્સી).

શક્તિ-મશીન (ચંત્ર)ની મીકેનીકલ એરીશીઅન્સી (યાંત્રિક કાર્યસાધકત્વ)—થર્મલ એરીશીઅન્સી (ઉષ્મા કાર્ય-સાધકત્વ), અને ઘાખલાઓ-શક્તિનાં બુદાં બુદાં રૂપો—પોતેન્શીઅલ એનર્જી—કાઇનેટીક એનર્જી—લીટ એનર્જી (ઉષ્મા શક્તિ)—ઇલેક્ટ્રીક એનર્જી (વિજાવાદ શક્તિ)—શક્તિની ખોટ અને ઘાખલાઓ—એક્સસાઇઝ ... ૨૧૬-૨૩૮

પરિક્ષામાં પુછાયલા અને પરચુરણ ઘાખલાઓ ... ૨૩૯-૨૫૮

ક્રિયાગત યંત્રશાસ્ત્ર

(એપ્પાર્ટ્સ મીકેનીક્સ)

ભાગ પહેલો

પ્રકરણ ૧ લું

માપકરણ (MENSURATION)

ક્રિયાગત યંત્રશાસ્ત્ર એટલે એપ્પાર્ટ્સ મીકેનીક્સનો વિષય શરૂ કરવા પહેલાં વિદ્યાર્થીએને માપકરણનાં મૂળતત્વોની મહત્તિની ખાસ જરૂર હોવાથી આ વિષય શરૂ કરવા આગમ્ય ભૂમિતીને લગતી જરૂરી વ્યાખ્યાઓ અને માપકરણનાં મૂળતત્વો આ શરૂઆતનાં પ્રકરણમાં વર્ણવ્યાં છે.

ભૂમિતીને લગતી વ્યાખ્યાઓ

બિંદુ (a point) — જેને સ્થાન હોય છે પણ મહત્વતા હોતી નથી તેને “બિંદુ” કહે છે, અને વ્યવહારમાં તેને એક નાનાં ટપકાં (dot) થી દર્શાવવામાં આવે છે.

રેખા અથવા લીટી (a line) — રેખાને લંબાઈ હોય છે પણ પહોળાઈ હોતી નથી.

સીધી રેખા અથવા લીટી (a straight line) — એ

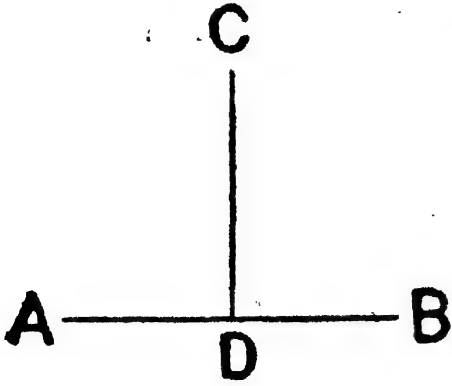
A ————— B

બિંદુઓ વચ્ચેનું ઝોળામાં ઝોળું અંતર દર્શાવનારી રેખાને “સીધી લીટી અથવા રેખા” કહે છે.

આકૃતિ ૧

(જુઓ આકૃતિ ૧).

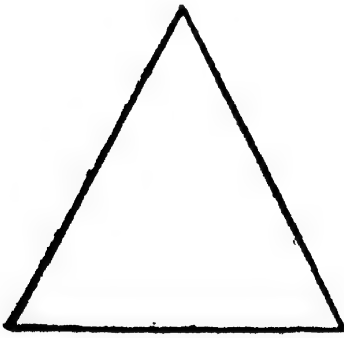
લંબ (perpendicular) — જ્યારે એક સીધી લીટી બીજી



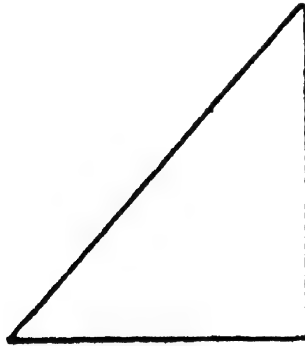
આકૃતિ ૨

AB ઉપર લીટી CD લંબ છે, અને ખુણાઓ ADC અને BDC એ દરેક કાટખુણો કહેવાય છે. (જુઓ આકૃતિ ૨).

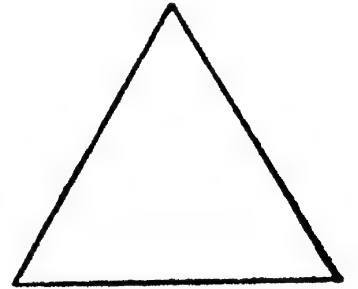
ત્રિકોણ (triangle) — જે આકૃતિની હદ ત્રણ સીધી લીટીઓથી થએલી હોય તેને “ ત્રિકોણ ” (triangle) કહે છે. (જુઓ આકૃતિ ૩).



આકૃતિ ૩.



આકૃતિ ૪.

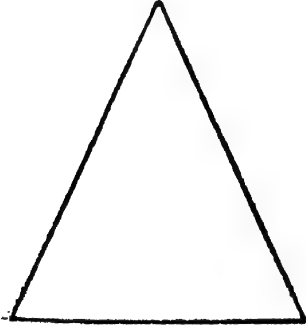


આકૃતિ ૫.

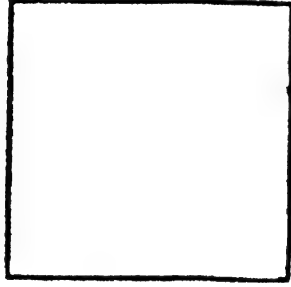
કાટકોણ ત્રિકોણ (right angled triangle) — જે ત્રિકોણનો એક ખુણો કાટ ખુણો હોય તેને “ કાટકોણ ત્રિકોણ ” કહે છે. કાટખુણો કરનારી એક બાજુને પાયો (base) અને બીજી બાજુને લંબ ઉંચાઈ (perpendicular height) કહે છે, અને કાટખુણા સામેની બાજુને કર્ણ (hypotenuse) કહેવામાં આવે છે. (જુઓ આકૃતિ ૪).

સમબાજુ ત્રિકોણ (**equilateral triangle**) — જે ત્રિકોણની ત્રણ બાજુઓ બરાબર હોય તેને “ સમબાજુ ત્રિકોણ ” કહે છે. (જુઓ આકૃતિ ૫).

સમદ્વિબાજુ ત્રિકોણ (**isosceles triangle**) — જે ત્રિકોણની બે બાજુઓ બરાબર હોય તેને “સમદ્વિ બાજુ ત્રિકોણ” કહેવામાં આવે છે. (જુઓ આકૃતિ ૬).



આકૃતિ ૬



આકૃતિ ૭



આકૃતિ ૮

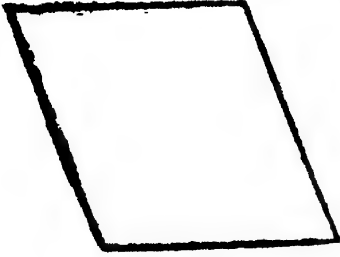
ચોબુણ (**quadrilateral figure**) — જે આકૃતિની હદ ચાર સીધી લીટીઓથી ઘેરેલી હોય અને પરિણામે તેમાં ચાર ખુણાઓ હોય તેવી આકૃતિને “ચોબુણ” કહે છે.

કાટકોણ ચોબુણ (**rectangle**) — જે ચોબુણનાં ચારે ખુણા કાટખુણા હોય તેને “ કાટકોણ ચોબુણ ” કહે છે.

ચોરસ (**square**) — જે ચોબુણની ચારે બાજુ સરખી હોય અને ચારે ખુણા કાટખુણા હોય તેને “ચોરસ” કહે છે. (જુઓ આકૃતિ ૭).

લંબ ચોરસ (**oblong અથવા rectangle**) — જે આકૃતિનાં ચારે ખુણા કાટખુણા હોય, પણ જેની પાસપાસેની બાજુઓ સરખી ન હોય, અને માત્ર સામસામેની બાજુઓ સરખી હોય તેને “લંબ ચોરસ” કહે છે. (જુઓ આકૃતિ ૮).

સમાંતરબાહુ ચોખુણુ (parallelogram)—જે ચોખુણુની



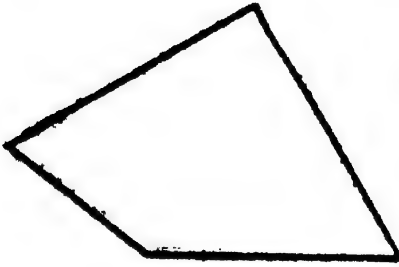
આકૃતિ ૯

સામસામેની બાહુઓ એક બીજીને સમાંતર હોય તેને “સમાંતરબાહુ ચોખુણુ” કહે છે. ચોરસ અને લંબચોરસ એ સમાંતરબાહુ ચોખુણુ (પેરેલેલોગ્રામ) છે; તેજ પ્રમાણે જે ચોખુણુનાં ચારે ખુણાં કાટખુણા ન હોય પણ

સામસામેની બાહુઓ એક બીજીને સમાંતર હોય તેને પણ સમાંતરબાહુ ચોખુણુ (પેરેલેલોગ્રામ) કહે છે.

ત્રેપેઝીયમ (trapezium)—એ સપાટ ચોખુણુ આકૃતિ છે જેની ૯૬ ચાર અસમાન સીધી લીટીઓથી થયેલી છે, અને તેથી તે ચોરસ અથવા લંબચોરસ નથી, તેમજ પેરેલેલોગ્રામ એટલે સમાંતરબાહુ ચોખુણુ પણ નથી. (જુઓ આકૃતિ ૧૦).

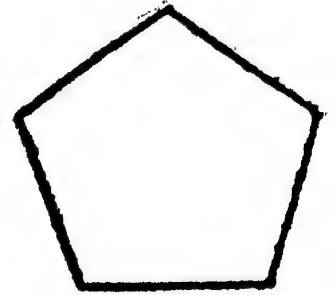
ત્રેપેઝોઇડ (trapezoid)—એ ચાર બાહુની અનેલી ચોખુણુ આકૃતિ છે, જેની માત્ર બે બાહુઓ સમાંતર છે. (જુઓ આકૃતિ ૧૧).



આકૃતિ ૧૦



આકૃતિ ૧૧



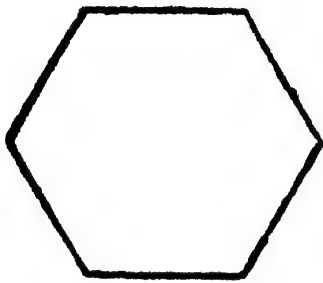
આકૃતિ ૧૨

બહુકોણાકૃતિ (polygon)—ચાર કરતાં વધુ સીધી લીટીઓથી અનેલી આકૃતિને “બહુકોણાકૃતિ” એટલે “પોલીગોન” કહે છે. જે આવી આકૃતિની સઘળી બાહુઓ અને ખુણાઓ સરખા હોય તો તેને “નિયમિત બહુકોણાકૃતિ” (regular polygon) કહે છે, જેમકે, પંચકોણ, પટકોણ, વીજેરે; અને જે તેની ચારે બાહુઓ અને ખુણાઓ સરખા ન હોય તો તેને “અનિયમિત બહુકોણાકૃતિ” (irregular polygon) કહે છે.

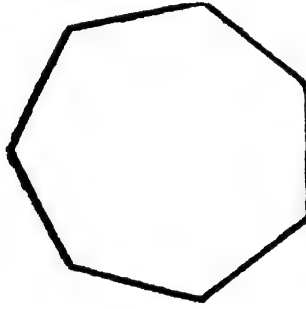
પંચકોણ (pentagon) — જે આકૃતિની હદ પાંચ સીધી લીટીઓથી થયેલા હોય તેને “પંચકોણ” એટલે “પેન્ટેગોન” કહે છે. (ગુઓ આકૃતિ ૧૨).

ષટ્કોણ (hexagon) — જે આકૃતિની હદ છ સીધી લીટીઓથી થયેલી હોય તેને “ષટ્કોણ” એટલે “હેક્સેગોન” કહે છે. (ગુઓ આકૃતિ ૧૩)

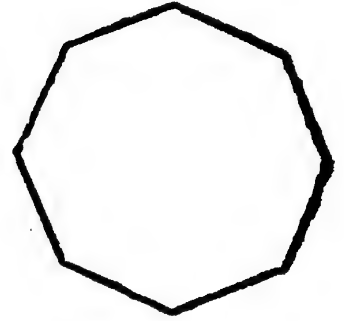
સપ્તકોણ (heptagon) — જે આકૃતિની હદ સાત સીધી લીટીઓથી થયેલી હોય તેને “સપ્તકોણ” એટલે “હેપ્ટેગોન” કહે છે. (ગુઓ આકૃતિ ૧૪).



આકૃતિ ૧૩



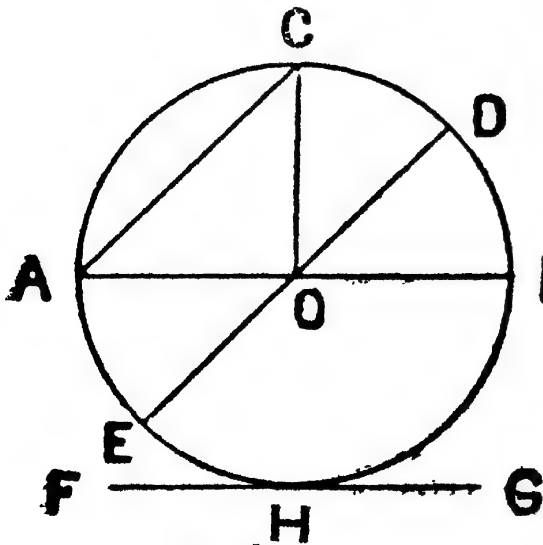
આકૃતિ ૧૪



આકૃતિ ૧૫

અષ્ટકોણ (octagon) — જે આકૃતિની હદ આઠ સીધી લીટીઓથી થયેલી હોય તેને “અષ્ટકોણ” એટલે “ઑક્ટોગોન” કહે છે. (ગુઓ આકૃતિ ૧૫).

વર્તુલ (circle સર્કલ) — એક સપાટ આકૃતિ જેની હદ



આકૃતિ ૧૬

એકજ વક્ર લીટીથી થયેલી હોય, અને જેમાં એક એવું મુકરર બિંદુ હોય કે તે બિંદુમાંથી તે વક્રલીટી સુધી જે સીધી લીટીઓ દોરીએ તે સઘળી બરાબર થાય, તો તે આકૃતિને “વર્તુલ” (સર્કલ) કહે છે; અને તે વક્રલીટીને “પરિઘ” (circumference સર્કમફરન્સ) કહેવામાં આવે છે; જે મુકરર બિંદુથી પરિઘ સુધી

દોરેલી સીધી લીટીઓ બરાબર થાય તે બિંદુને “મધ્યબિંદુ” (centre) કહે છે; જેમકે—ACDBHE પરિઘ છે, અને O મધ્યબિંદુ છે.

ત્રિજ્યા (radius રેડીઅસ) —વર્તુલના મધ્યબિંદુ O થી પરિઘ સુધી દોરાયેલી સીધી લીટીને “ત્રિજ્યા” કહે છે, જેમકે—OA અથવા OC ત્રિજ્યા છે.

વ્યાસ (diameter ડાયમેટર) —જે સીધી વાટ વર્તુલનાં મધ્યબિંદુમાં થઈને પાર જાય અને તેનાં બંને છેડાઓ પરિઘનાં બે બિંદુઓને વર્તુલનો “વ્યાસ” કહે છે, જેમકે—AB અથવા DE.

જ્યા અથવા કોર્ડ (chord) —પરિઘમાંનાં કોઈ પણ બે બિંદુઓને જોડનારી સીધી લીટીને “જ્યા” એટલે “કોર્ડ” (chord) કહે છે, જેમકે—AC.

કુંસ અથવા આર્ક (arc) —પરિઘનાં કોઈપણ ભાગને “કુંસ” એટલે “આર્ક” કહે છે, જેમકે—AC અથવા CD.

સેગ્મેન્ટ (segment) —વર્તુલનો કોઈ પણ ભાગ કે જેની હદ આર્ક અને તેની કોર્ડ એટલે જ્યાથી થયેલી હોય તેને “સેગ્મેન્ટ” કહે છે, જેમકે—AC.

અર્ધવર્તુલ એટલે સેમીસર્કલ (semi-circle) —વર્તુલનાં અર્ધ ભાગને અથવા વ્યાસ વડે જુદા પાડેલા સેગ્મેન્ટના અર્ધવર્તુલ એટલે સેમીસર્કલ કહે છે, જેમકે—ACB અથવા AIB.

સેક્ટર (sector) —વર્તુલનો કોઈપણ ભાગ કે જેની હદ આર્ક અને બે ત્રિજ્યાઓથી થયેલી હોય તેને “સેક્ટર” કહે છે, જેમકે—COD.

ક્વાર્ટન્ટ (quadrant) —જે સેક્ટર વર્તુલનો ચોથો ભાગ હોય તેને “ક્વાર્ટન્ટ” કહે છે, જેમકે—AOC.

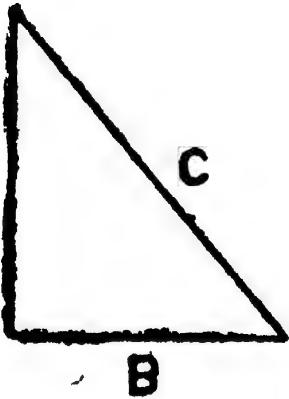
સેક્સ્ટન્ટ (sextant) —જે સેક્ટર વર્તુલનો છઠ્ઠો ભાગ હોય તેને “સેક્સ્ટન્ટ” કહે છે.

સ્પર્શરેખા એટલે ટેન્જન્ટ (tangent) — એક સીધી લીટી FG છે જે વર્તુલ અથવા વક્રને એક બિંદુ Hમાં અડે છે અને જેને લંબાવવામાં આવે તોપણ તે વર્તુલ અથવા વક્રને કાપતી નથી તેને “સ્પર્શરેખા” કહેવામાં આવે છે.

અંશ એટલે ડીગ્રી — દરેક વર્તુલનાં પરિઘને ૩૬૦ સરખા ભાગમાં વિભક્ત કરવામાં આવે છે, જે દરેક ભાગને “અંશ એટલે “ડીગ્રી” (degree) કહે છે. અર્ધ વર્તુલમાં ૧૮૦ અંશ હોય છે. અને વર્તુલનાં ચાર કાટખુણા હોય છે, માટે દરેક કાટખુણો ૯૦ અંશનો હોય છે.

રેખામાપ

કોઈ પણ કાટકોણ ત્રિકોણ (right angled triangle) માં કાટખુણા સાનેની બાજુ એટલે કર્ણનો વર્ગ કાટખુણો કરનારી બે બાજુઓનાં વર્ગોનાં સરવાળા બરાબર હોય છે. જે કાટખુણો કરનારી બે બાજુઓ A અને B લઈએ અને કર્ણ C લઈએ તો—



$$C^2 = A^2 + B^2,$$

$$\text{માટે } C = \sqrt{A^2 + B^2}$$

આકૃતિ ૧૭ તેમજ $A^2 = C^2 - B^2$

$$\text{માટે } A = \sqrt{C^2 - B^2}$$

$$\text{તેમજ } B = \sqrt{C^2 - A^2}.$$

દાખલો ૧—એક કાટકોણ ત્રિકોણની કાટખુણો કરનારી બે બાજુઓ અનુક્રમે ૩ ઇંચ અને ૪ ઇંચ છે, તો તેનો કર્ણ કેટલો હશે ?

$$\text{કર્ણ}^2 = \text{પાયો}^2 + \text{ઉચ્ચાઈ}^2$$

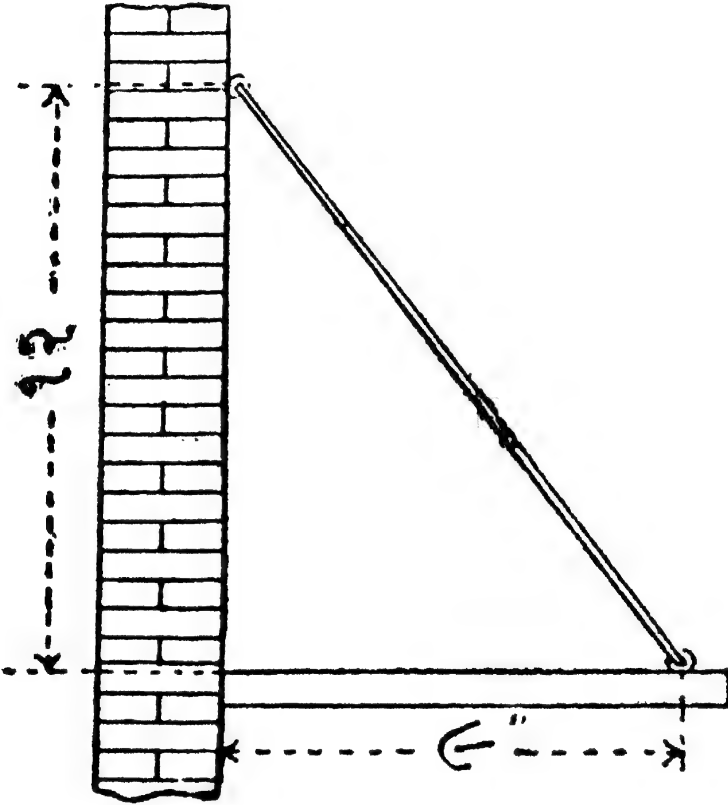
$$\text{માટે, કર્ણ} = \sqrt{\text{પાયો}^2 + \text{ઉચ્ચાઈ}^2}$$

$$= \sqrt{૩^2 + ૪^2}$$

$$= \sqrt{૯ + ૧૬}$$

$$= \sqrt{૨૫} = \underline{૫ \text{ ઇંચ.}}$$

દાખલો ૨—એક દુકાનનાં આડાં ઝુલતાં પાટીઆને બંને છેડેથી બે સળીયાઓની મદદ વડે લટકાવેલું છે. સળીયાનાં એક છેડાને પાટીઆની જે ધાર દીવાલ સાથે અડેલી છે તેનાથી ૯ ઈંચ દુર પાટીઆ સાથે બેડેલો છે, અને બીજા છેડાને પાટીઆથી ૧૨ ઈંચ દુર દીવાલ સાથે બેડેલો છે, તો સળીયાઓની લંબાઈ કેટલી હશે ?



આકૃતિ ૧૮

એમાં પાટીયું અને દીવાલ એ કાટખુણો કરનારી ત્રિકોણની બે બાજુઓ થઈ, અને સળીયો કર્ણ થયો, માટે

$$\text{સળીયાની લંબાઈ}^2 = ૯^2 + ૧૨^2$$

$$\text{સળીયાની લંબાઈ} = \sqrt{૮૧ + ૧૪૪}$$

$$= \sqrt{૨૨૫}$$

$$= \underline{૧૫ \text{ ઈંચ}}$$

દાખલો ૩— ૨ ફુટ લાંબી એક નીસરણીનો જમીન ઉપર ટેકવાયલો એક છેડા દીવાલથી ૫ ફુટ દુર છે, તો તેનો ઉપલો છેડા જમીનથી દીવાલની કેટલી ઉંચાઈએ હશે ?

એમાં દીવાલની ઉંચાઈ અને દીવાલથી નીસરણીનાં જમીન ઉપર ટેકવાયલા છેડા સુધીનાં અંતર એક કાટખુણો કરનારી બે બાજુઓ થઈ, અને નીસરણી કણુ વધો, માટે

$$\begin{aligned} \text{ઉંચાઈ} &= \sqrt{૧૩^૨ - ૫^૨} \\ &= \sqrt{૧૬૯ - ૨૫} \\ &= \sqrt{૧૪૪} \\ &= \underline{૧૨ \text{ ફુટ}} \end{aligned}$$

દાખલો ૪—એક કાટકોણ ત્રિકોણનો કર્ણ ૨૦ ઇંચ છે અને લંબ ઉંચાઈ ૧૦ ઇંચ છે, તો તેનો પાયો કેટલો હશે ?

$$\begin{aligned} \text{પાયો} &= \sqrt{\text{કર્ણ}^૨ - \text{ઉંચાઈ}^૨} \\ &= \sqrt{૨૦^૨ - ૧૦^૨} \\ &= \sqrt{૪૦૦ - ૧૦૦} \\ &= \sqrt{૩૦૦} \\ &= \underline{૧૭.૩૨ \text{ ઇંચ}} \end{aligned}$$

વર્તુલનો પરિઘ એટલે સર્કમફ્રન્સ—વર્તુલનાં વ્યાસ અને પરિઘ વચ્ચેનું પ્રમાણ ૧ : ૩.૧૪૧૬, અથવા લગભગ ૭ : ૨૨ છે, એટલે વર્તુલનાં વ્યાસને અથવા બમણી ત્રિજ્યાને ૩.૧૪૧૬ અથવા $\frac{૨૨}{૭}$ વડે ગુણવાથી પરિઘ આવે છે.

ધારો કે, D = વર્તુલનો વ્યાસ, અને

r = વર્તુલની ત્રિજ્યા હોય તો,

$$\begin{aligned} \text{વર્તુલનો પરિઘ} &= D \times ૩.૧૪૧૬ \text{ અથવા } \frac{૨૨}{૭} \\ &= ૨ r \times ૩.૧૪૧૬ \text{ અથવા } \frac{૨૨}{૭} r. \end{aligned}$$

દાખલો ૫—એક વર્તુલનો વ્યાસ ૪ ઈંચ છે, તો તેનો પરિઘ શોધો ?

$$\begin{aligned} \text{પરિઘ} &= D \times ૩.૧૪૧૬ \\ &= ૪ \times ૩.૧૪૧૬ \\ &= \underline{૧૨.૫૬૬૪} \text{ ઈંચ} \end{aligned}$$

દાખલો ૬—એક વર્તુલની ત્રિજ્યા ૩ ઈંચ છે, તો તેનો પરિઘ શોધો ?

$$\begin{aligned} \text{પરિઘ} &= ૨r \times ૩.૧૪૧૬ \\ &= ૨ \times ૩ \times ૩.૧૪૧૬ \\ &= \underline{૧૮.૮૪૯૬} \text{ ઈંચ} \end{aligned}$$

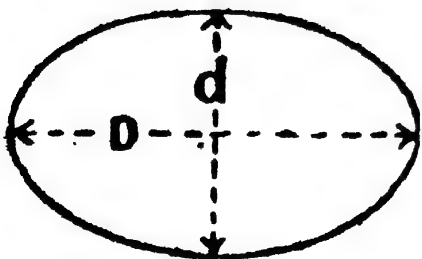
દાખલો ૭—એક વર્તુલનો પરિઘ ૧૪.૧૩૭૨ ઈંચ છે, તો તેનો વ્યાસ અને ત્રિજ્યા શોધો ?

$$\text{વ્યાસ} \times ૩.૧૪૧૬ = \text{પરિઘ}$$

$$\begin{aligned} \text{માટે, વ્યાસ} &= \frac{\text{પરિઘ}}{૩.૧૪૧૬} \\ &= \frac{૧૪.૧૩૭૨}{૩.૧૪૧૬} \\ &= \underline{૪.૫} \text{ ઈંચ} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{ત્રિજ્યા} &= \frac{૪.૫}{૨} \\ &= \underline{૨.૨૫} \text{ ઈંચ} \end{aligned}$$

અંડાકૃતિ અથવા લંબગોળ (ellipse)નો પરિઘ શોધવાની રીત—



આકૃતિ ૧૯
d = નાનો વ્યાસ.

નિયમ—મેટા અને નાના વ્યાસોનાં સરવાળાનાં અર્ધને ૩.૧૪૧૬ અથવા $\frac{૨૨}{૭}$ વડે ગુણવા, અથવા, લંબગોળનો પરિઘ = $\frac{D + d}{૨} \times ૩.૧૪૧૬$ અથવા

$\frac{૨૨}{૭}$, એમાં D = મેટા વ્યાસ, અને

દાખલો ૮—એક લંબગોળનો મોટો વ્યાસ ૮ ઇંચ અને નાનો વ્યાસ ૬ ઇંચ છે તો તેનો પરિઘ શોધો ?

$$\begin{aligned} \text{પરિઘ} &= \frac{D' + d}{2} \times 3.1416 \\ &= \frac{8 + 6}{2} \times 3.1416 \\ &= 19 \times 3.1416 \\ &= \underline{21.6812 \text{ ઇંચ}} \end{aligned}$$

દાખલો ૯—એક અંડાકૃતિ અથવા લંબગોળનો પરિઘ ૨૫.૧૩૨૮ ઇંચ છે, અને તેનો નાનો વ્યાસ ૭ ઇંચ છે, તો મોટો વ્યાસ શોધો ?

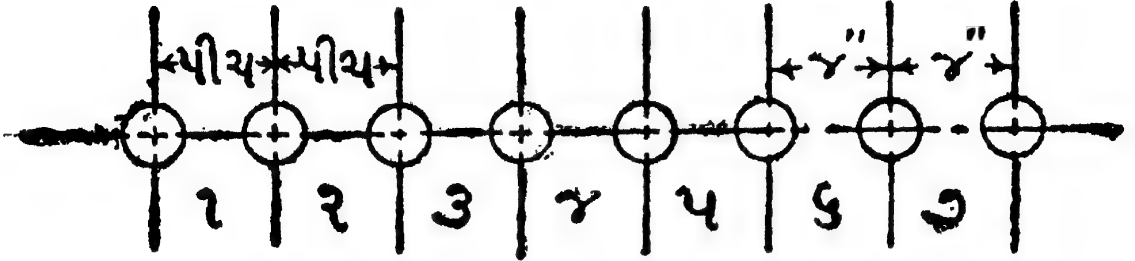
$$\begin{aligned} \frac{D + d}{2} \times 3.1416 &= \text{પરિઘ} \\ D + d &= \frac{2 \times \text{પરિઘ}}{3.1416} \\ D + d &= \frac{2 \times 25.1328}{3.1416} \\ D + 7 &= 16 \\ D &= 16 - 7 \\ &= \underline{9 \text{ ઇંચ}} \end{aligned}$$

ખોલ્ટ અને રીવેટનાં પીચ—એક ખોલ્ટ અથવા રીવેટનાં મધ્યથી તેની પાસેનાં ખીજ ખોલ્ટ અથવા રીવેટનાં મધ્ય સુધીનાં અંતરને “ પીચ ” (pitch) કહે છે.

પીચ લાઇન—જે સીધી લીટી ઉપર ખોલ્ટો અથવા રીવેટો અથવા તેનાં વેહોનાં મધ્યો આવેલાં હોય તેને “ પીચ લાઇન ” (pitch line) કહે છે.

પીચ સર્કલ—જે વક્રલીટી અથવા વર્તુલ ઉપર ખોલ્ટો અથવા રીવેટો અથવા તેનાં વેહોનાં મધ્યો આવેલાં હોય તેને “ પીચ સર્કલ ” (pitch circle) કહે છે.

દાખલો ૧૦—આઠ બોલ્ટોને એક સીધી લીટીમાં ૪ ઇંચનાં પીચે બેસાડેલા છે, તો બંને છેડેનાં બોલ્ટોનાં મધ્યે વચ્ચેનું અંતર શોધો ?



આકૃતિ ૨૦

એમાં ૮ બોલ્ટ હોવાથી તેમની વચ્ચે ૭ પીચની જગ્યા છે, માટે બંને છેડેનાં બોલ્ટોનાં મધ્યે વચ્ચેનું અંતર = $7 \times 4 = 28$ ઇંચ.

દાખલો ૧૧—એક સીધી લીટીમાં ૧૧ બોલ્ટસ બેસાડેલા છે. બંને છેડેનાં બોલ્ટોનાં મધ્યે વચ્ચેનું અંતર ૨ ફુટ ૧૧ ઇંચ છે, તો પીચ કેટલો હશે ?

એમાં ૧૧ બોલ્ટ હોવાથી પીચની જગ્યાઓ ૧૦ છે.

$$\begin{array}{ccc} \text{જગ્યા} & \text{જગ્યા} & \text{ઇંચ} \\ 10 & : & 1 & : & : & 24 & : & \text{પીચ} \\ \therefore \text{પીચ} & = & \frac{24 \times 1}{10} & = & 2.4 \text{ ઇંચ} \end{array}$$

દાખલો ૧૨—બોલ્ટોની એક સીધી હારમાં બંને છેડેનાં બોલ્ટોનાં મધ્યે વચ્ચેનું અંતર ૫ ફુટ $10\frac{3}{4}$ ઇંચ છે, અને પીચ $6\frac{3}{4}$ ઇંચ છે, તો તે હારમાં બોલ્ટોની સંખ્યા કેટલી હશે ?

$$\begin{array}{ccc} & & \text{પીચની જગ્યા} \\ 6\frac{3}{4}'' & : & 10\frac{3}{4}'' & : & : & 1 & : & \text{પીચની જગ્યાઓ} \\ \therefore \text{પીચની જગ્યાઓ} & = & \frac{541 \times 1 \times 4}{4 \times 54} & = & 11 \end{array}$$

પણ પીચની જગ્યાઓની સંખ્યા કરતાં બોલ્ટોની સંખ્યા એક વધુ હોય છે, માટે બોલ્ટોની સંખ્યા = $11 + 1 = 12$

દાખલો ૧૩—એક પીસ્તનરોડનાં ટેપર કરેલા છેડાનો સૌથી મોટો વ્યાસ $3\frac{3}{4}$ ઇંચ, અને સૌથી નાનો વ્યાસ $2\frac{1}{4}$ ઇંચ છે, અને

તેની લંબાઈ $૭\frac{૧}{૪}$ ઇંચ છે, તો દર પુટ લંબાઈ દીઠ તેનો ઢાળ એટલે ટેપર (taper) કેટલો હશે ?

$$\begin{aligned} \text{આખી લંબાઈનો કુલ ઢાળ} &= ૩\frac{૩}{૪} - ૨\frac{૭}{૮} \\ &= \frac{૫}{૪} \text{ ઇંચ} \end{aligned}$$

$$\begin{array}{ccc} \text{લંબાઈ} & \text{લંબાઈ} & \text{ઢાળ} \\ ૭\frac{૧}{૪}'' & : & ૧૨'' & : & : & \frac{૫}{૪}'' & : & \text{દર પુટ દીઠ ઢાળ.} \end{array}$$

$$\begin{aligned} \text{દર પુટ લંબાઈ દીઠ ઢાળ} &= \frac{૧૨ \times ૫ \times ૪}{૧૬ \times ૨૮} = \frac{૧૫}{૨૮} \\ &= \underline{૦.૫૩} \text{ ઇંચ} \end{aligned}$$

દાખલો ૧૪—એક સ્ક્રૂ શાફ્ટનો ટેપર કરેલા છેડાનો સૌથી મોટો વ્યાસ ૧૦ ઇંચ છે, અને તેની લંબાઈ ૨ પુટ ૪ ઇંચ છે દર પુટ લંબાઈ દીઠ ઢાળ એટલે ટેપર (taper) $\frac{૩}{૪}$ ઇંચ છે, તો તે છેડાનો સૌથી નાનો વ્યાસ કેટલો હશે ?

$$\begin{array}{ccc} \text{લંબાઈ} & \text{લંબાઈ} & \text{ઢાળ} \\ ૧' & : & ૨\frac{૪}{૪}' & : & : & \frac{૩}{૪}'' & : & \text{કુલ ઢાળ} \end{array}$$

$$\begin{aligned} \text{કુલ ઢાળ} &= \frac{૩}{૪} \times \frac{૨૮}{૪} \\ &= \frac{૭}{૪} = ૧.૭૫ \text{ ઇંચ} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{માટે, સૌથી નાનો વ્યાસ} &= \text{મોટો વ્યાસ} - \text{કુલ ઢાળ} \\ &= ૧૦ - ૧.૭૫ \\ &= \underline{૮.૨૫} \text{ ઇંચ} \end{aligned}$$

દાખલો ૧૫—એક એનજીનનાં પીસ્ટનનો વ્યાસ ૩૦ ઇંચ છે તો તેનો પરિઘ શોધો ?

$$\begin{aligned} \text{પરિઘ} &= \text{વ્યાસ} \times ૩.૧૪૧૬ \\ &= ૩૦ \times ૩.૧૪૧૬ \\ &= \underline{૯૪.૨૪૮} \text{ ઇંચ} \end{aligned}$$

દાખલો ૧૬—એક નળા એટલે સીલીન્ડરનો પરિઘ ૧૦૩.૬૭૨૮ ઇંચ છે તો તેનો વ્યાસ શોધો ?

$$\begin{aligned} \text{વ્યાસ} &= \frac{\text{પરિઘ}}{3.1415} \\ &= \frac{103.6728}{3.1415} \\ &= \underline{33 \text{ ઇંચ}} \end{aligned}$$

દાખલો ૧૯—૧૦ ઇંચ વ્યાસનાં એક એનજીનનાં સીલીન્ડર માટેની પીસ્તન રીંગનો વ્યાસ તેને કાપવાની અગાઉ ૧૦ $\frac{1}{4}$ ઇંચ છે, તો તે રીંગને પરિઘમાંથી કેટલી કાપવી જોઈએ કે જેથી તે સીલીન્ડરમાં બરાબર ચોક્કસ ખેસી શકે ?

પરિઘમાંથી કાપવાની લંબાઈ = કાપવા અગાઉ રીંગનો પરિઘ
—સીલીન્ડરનો પરિઘ.

$$\begin{aligned} &= 10\frac{1}{4} \times 3.1415 - 10 \times 3.1415 \\ &= (10\frac{1}{4} - 10) \times 3.1415 \\ &= \frac{1}{4} \times 3.1415 \\ &= \underline{0.7854 \text{ ઇંચ}} \end{aligned}$$

દાખલો ૧૮—એક સીલીન્ડરનો વ્યાસ ૩૦ ઇંચ છે. એક પીસ્તન રીંગને સીલીન્ડરનાં વ્યાસ કરતાં મોટી ટર્ન કર્યા પછી તેનાં પરિઘમાંથી $\frac{1}{4}$ ઇંચ જેટલી લંબાઈનો ટુકડો કાપી કાઢવામાં આવ્યો, અને ત્યાર પછી તેને સીલીન્ડરમાં ખેસાડતાં માલમ પડ્યું કે તેનાં છેડાઓ $\frac{1}{4}$ ઇંચ જેટલા ખુલા રહે છે, તો તે રીંગને કાપવાની અગાઉનાં વ્યાસ અને સીલીન્ડરનાં વ્યાસ વચ્ચે કેટલો તફાવત હશે ?

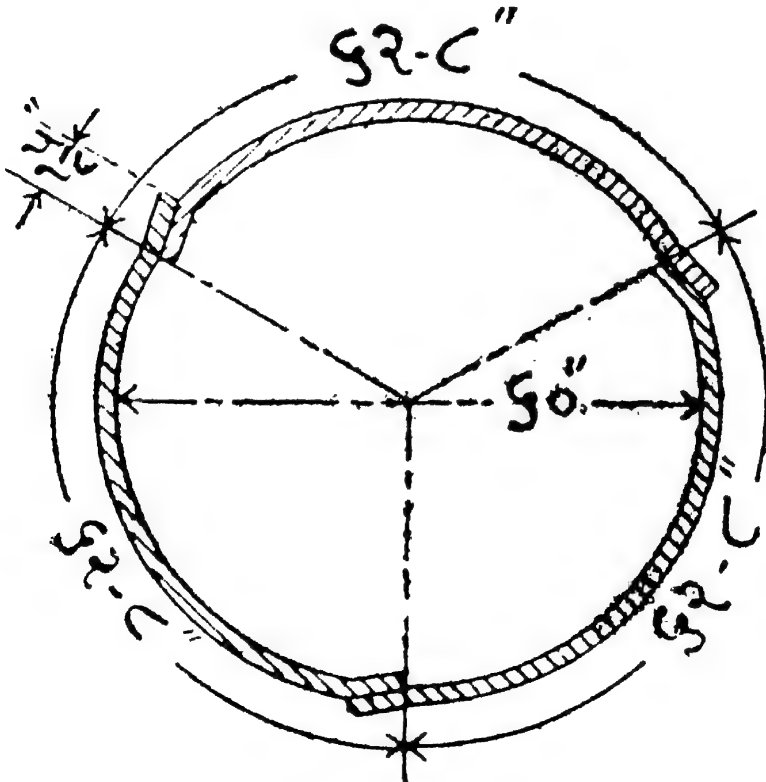
$$\begin{aligned} \text{સીલીન્ડરનો પરિઘ} &= 30 \times 3.1415 \\ &= 94.248 \text{ ઇંચ} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{કાપવાની અગાઉ રીંગનો પરિઘ} &= 94.248 - \frac{1}{4} + \frac{1}{4} \\ &= 94.248 - 0.03125 + 0.03125 \\ &= 94.248 \text{ ઇંચ} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{માટે, કાપવાની આગાઉ રીંગનો વ્યાસ} &= \frac{\text{પરિઘ}}{3.1415} \\ &= \frac{68.99624}{3.1415} \\ &= 30.166 \text{ ઇંચ} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{તફાવત} &= 30.166 - 30 \\ &= 0.166 \text{ ઇંચ} \end{aligned}$$

દાખલો ૧૬—એક લોખંડનાં ભુંગળાનો વ્યાસ ૫ ફુટ છે, અને તે ભુંગળાનો પરિઘ ૩ ગજાં પત્રાં એટલે પ્લેટ જોડીને બનાવેલો છે. સાંધાઓ આગળનો પ્લેટનો ચઢાવ ૧૫ ઇંચ છે, તો દરેક પત્રાં અથવા પ્લેટની પુરેપુરી લંબાઈ કેટલી હશે ?



આકૃતિ ૨૧

$$\begin{aligned} \text{ભુંગળાનો પરિઘ} &= 5 \times 12 \times 3.1415 \\ &= 188.4 \text{ ઇંચ.} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{દરેક પ્લેટની લંબાઈ} &= \frac{2}{3} \text{ પરિઘ} + \text{ચઠાવ} \\
 &= \frac{111.4}{3} + 1.625 \\
 &= 68.8 \text{ ઇંચ} \\
 &= \underline{5'-8.8''}
 \end{aligned}$$

દાખલો ૨૦—એક એન્જીનનાં સીલીન્ડર કવરમાં ૨૮૩ માટેનાં ૨૪ વેહ છે, અને તેમનો પીચ ૬ ઇંચ છે. કવરનાં પરિઘની બહારની ધારથી વેહોનાં મધ્યો વચ્ચેનું અંતર ૨ $\frac{1}{2}$ ઇંચ છે, તો તે કવરનો બહારનો વ્યાસ શોધો ?

$$\begin{aligned}
 \text{પીચ સર્કલનો પરિઘ} &= 24 \times 6 = 144 \text{ ઇંચ,} \\
 \text{માટે, પીચ સર્કલનો વ્યાસ} &= \frac{144}{3.1416} = 45.83 \text{ ઇંચ,} \\
 \therefore \text{સીલીન્ડર કવરનો બહારનો વ્યાસ} &= 45.83 + 2.5 + 2.5 \\
 &= \underline{50.83 \text{ ઇંચ.}}
 \end{aligned}$$

દાખલો ૨૧—એક સીલીન્ડર કવરનો વ્યાસ ૪૦ ઇંચ છે, કવરની બહારની ધારથી વેહોનાં મધ્યો ૧ $\frac{1}{2}$ ઇંચ દુર છે, તો તે કવરમાંનાં વેહોનાં પીચ સર્કલનો પરિઘ શોધો ?

કવરનાં બહારનાં વ્યાસથી પીચ સર્કલ ૧ $\frac{1}{2}$ ઇંચ અંદર છે, માટે પીચ સર્કલ ૩ ઇંચ નાનું છે, તેટલા માટે

$$\text{પીચ સર્કલનો વ્યાસ} = 40 - 3 = 37 \text{ ઇંચ.}$$

$$\begin{aligned}
 \text{પરિઘ} &= \frac{\text{વ્યાસ}}{3.1416} \\
 &= \underline{117.76 \text{ ઇંચ}}
 \end{aligned}$$

દાખલો ૨૨—એક સીલીન્ડર કવરમાં પીચ સર્કલ ઉપર વેહોનાં મધ્યો વચ્ચેનું અંતર એટલે પીચ ૪ ઇંચ છે. કવરનો વ્યાસ ૨૧.૮૨૫ ઇંચ છે, અને વેહોનાં મધ્યો કવરની બહારની ધારથી ૨ ઇંચ દુર છે, તો તે કવરમાં કેટલા વેહો હશે ?

પીચ સર્કલનો વ્યાસ = $21.424 - (2 + 2)$
 $= 17.424$ ઇંચ

પીચ સર્કલનો પરિઘ = 17.424×3.1416
 $= 54.744$, લગભગ ૫૬ ઇંચ
 વેહ

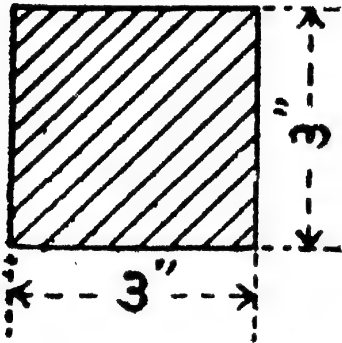
$4'' : 56'' :: 1 : \text{વેહોની સંખ્યા}$

$\therefore \text{વેહોની સંખ્યા} = \frac{56 \times 1}{4} = 14$ વેહ

ક્ષેત્રફળ (AREA એરીયા)

ચોરસ (square સ્કવેર)નું ક્ષેત્રફળ શોધવાની રીત:—
 લંબાઈને પહોળાઈ વડે ગુણવા, અથવા ચોરસમાં સ્વયંથી બાબુઓ
 સરખી હોય છે, માટે ક્ષેત્રફળ એક બાબુનો વર્ગ.

દાખલો ૨૨—ધાતુનાં ચોરસ પત્રાંની એક બાબુની લંબાઈ
 ૩ ફુટ છે, તો તેનું ક્ષેત્રફળ શોધો ?



ક્ષેત્રફળ = 3^2
 $= 3 \times 3$
 $= 9$ ચોરસ ફુટ

આકૃતિ ૨૨

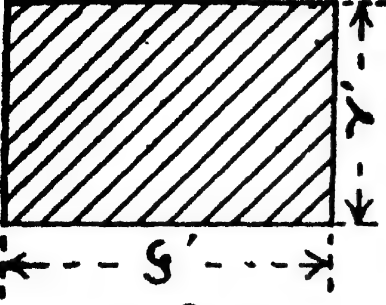
દાખલો ૨૪—બોયલરની પ્લેટનાં એક
 ચોરસ ટુકડાનું ક્ષેત્રફળ ૪૨.૨૫ ચોરસ ફુટ
 છે તો તેની એક બાબુની લંબાઈ શોધો ?

એક બાબુની લંબાઈનો વર્ગ = ક્ષેત્રફળ
 એક બાબુની લંબાઈ = $\sqrt{\text{ક્ષે. ફ.}}$
 $= \sqrt{42.25}$
 $= 6.5$ ફુટ

લંબ ચોરસ (ઓબ્લોંગ અથવા રેક્ટંગલ)નું ક્ષેત્રફળ
 શોધવાની રીત:—

લંબાઈને પહોળાઈ વડે ગુણવા.

દાખલો ૨૫—એક લોખંડનાં પત્રાંની લંબાઈ ૬ ફુટ અને પહોળાઈ



૪ ફુટ છે તો તેનું ક્ષેત્રફળ શોધો ?

$$\begin{aligned} \text{ક્ષેત્રફળ} &= \text{લંબાઈ} \times \text{પહોળાઈ} \\ &= ૬' \times ૪' \\ &= \underline{૨૪ \text{ ચોરસ ફુટ}} \end{aligned}$$

દાખલો ૨૬—એક બોયલરની પ્લેટનું

આકૃતિ ૨૩ વજન દર ચોરસ ફુટ દીઠ ૫૦ પૌંડ છે, અને તેનું કુલ વજન ૨૨૦૦ પૌંડ છે. જો તે પ્લેટની પહોળાઈ ૪.૪ ફુટ હોય તો લંબાઈ કેટલી હશે ?

પૌંડ : પૌંડ : ચો. ફુ.

$$૫૦ : ૨૨૦૦ : : ૧ : \text{કુલ ક્ષેત્રફળ}$$

$$\text{કુલ ક્ષેત્રફળ} = \frac{૨૨૦૦ \times ૧}{૫૦}$$

$$= ૪૪ \text{ ચોરસ ફુટ.}$$

$$\text{ક્ષેત્રફળ} = \text{લંબાઈ} \times \text{પહોળાઈ}$$

$$\text{માટે, લંબાઈ} = \frac{\text{ક્ષેત્રફળ}}{\text{પહોળાઈ}}$$

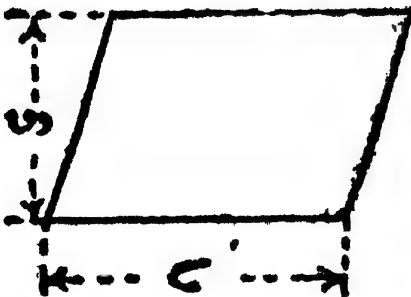
$$= \frac{૪૪}{૪.૪}$$

$$= ૧૦ \text{ ફુટ}$$

કોઈપણ સમાંતરબાજી ચોખ્ખાણ (પેરલેલોગ્રામ)નું ક્ષેત્રફળ

શોધવાની રીત:—

લંબાઈને લંબ ઉંચાઈ અથવા લંબ પહોળાઈ વડે ગુણવા.



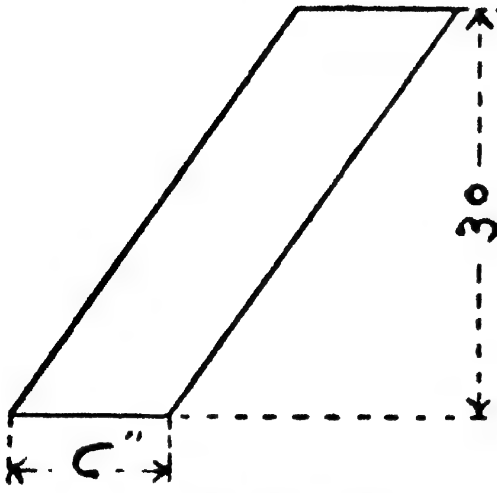
આકૃતિ ૨૪

દાખલો ૨૭—નીચે આપેલી આકૃ-

તિનાં આકારની એક પ્લેટની લંબાઈ ૮ ફુટ અને લંબ પહોળાઈ ૬ ફુટ છે, તો તેનું ક્ષેત્રફળ શોધો ?

$$\begin{aligned} \text{ક્ષેત્રફળ} &= \text{લંબાઈ} \times \text{લંબ પહોળાઈ} \\ &= ૮' \times ૬' \\ &= \underline{૪૮ \text{ ચોરસ ફુટ}} \end{aligned}$$

દાખલો ૨૮—એક સમાંતર બાજુ ચોખ્ખાનો પાયો ૮ ઈંચ છે, અને લંબ ઉંચાઈ ૩૦ ઈંચ છે, તો તેનું ક્ષેત્રફળ ચોરસ ફુટ અને ચોરસ ઈંચમાં શોધો ?



$$\begin{aligned} \text{ક્ષેત્રફળ} &= ૮ \times ૩૦ \\ &= ૨૪૦ \text{ ચોરસ ઈંચ.} \end{aligned}$$

$$૧૪૪ \text{ ચો. ઈંચ} = ૧ \text{ ચો. ફુટ}$$

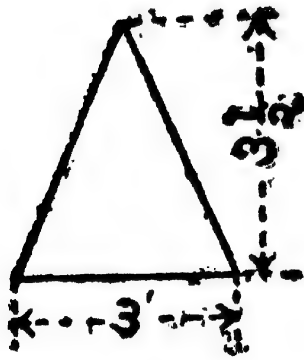
$$\therefore \text{ક્ષેત્રફળ ચો. ફુટમાં} = \frac{૨૪૦}{૧૪૪}$$

આકૃતિ ૨૫

$$= ૧.૬ \text{ ચો. ફુટ}$$

ત્રિકોણ (ત્રાયઅંગલ)નું ક્ષેત્રફળ શોધવાની રીત:—પાયને અર્ધ લંબ ઉંચાઈ વડે ગુણવા.

દાખલો ૨૯—એક ત્રિકોણનો પાયો ૩ ફુટ અને લંબ ઉંચાઈ ૩.૫ ફુટ છે, તો તેનું ક્ષેત્રફળ ચોરસ ફુટમાં શોધો ?



$$\text{ત્રફળ} = \text{પાયો} \times \frac{\text{લંબ ઉંચાઈ}}{૨}$$

$$= ૩ \times \frac{૩.૫}{૨}$$

$$= ૫.૨૫ \text{ ચો. ફુટ}$$

આકૃતિ ૨૬

દાખલો ૩૦—એક ત્રિકોણનું ક્ષેત્રફળ ૨૭૦ ચોરસ ઈંચ છે, અને તેનો પાયો ૩૦ ઈંચ છે, તો તેની લંબ ઉંચાઈ શોધો ?

$$\text{ક્ષેત્રફળ} = \text{પાયો} \times \frac{\text{લંબ ઉંચાઈ}}{૨}$$

$$૨૭૦ = ૩૦ \times \frac{\text{લંબ ઉંચાઈ}}{૨}$$

$$૨૭૦ = ૧૫ \times \text{લંબ ઉંચાઈ}$$

$$\begin{aligned} \text{માટે, લંબ ઉંચાઈ} &= \frac{૨૭૦}{૧૫} \\ &= \underline{૧૮} \text{ ઇંચ} \end{aligned}$$

ત્રિકોણની ત્રણે બાજુઓ આપી હોય ત્યારે તે ત્રિકોણનું ક્ષેત્રફળ શોધવાની રીત:—

ત્રિકોણની આપેલી ત્રણે બાજુઓનાં સરવાળાનું અર્ધ કરી તે અર્ધમાંથી ત્રણે બાજુઓ જુદી જુદી બાદ કરવી; પછી એ ત્રણે બાકીઓ અને સરવાળાનું અર્ધ એ ચારેનાં ગુણાકારનું વર્ગમૂળ કાઢવું એટલે તે ત્રિકોણનું ક્ષેત્રફળ આવશે; ટુંકમાં,

ત્રિકોણનું ક્ષેત્રફળ = $\sqrt{S \times (S-a) \times (S-b) \times (S-c)}$,
એમાં S = ત્રિકોણની ત્રણે બાજુઓનાં સરવાળાનું અર્ધ, અને a , b , અને c અનુક્રમે ત્રિકોણની ત્રણે બાજુઓની લંબાઈ.

દાખલો ૩૧—આપેલી આકૃતિમાં ABC ત્રિકોણ છે, એમાં

$AB = ૧૬$ ઇંચ, $BC = ૧૨$ ઇંચ, અને

$CA = ૨૪$ ઇંચ છે, તો તેનું ક્ષેત્રફળ શોધો ?

$$\text{ક્ષેત્રફળ} = \sqrt{S \times (S-a) \times (S-b) \times (S-c)}$$

$$S = \frac{૧૬ + ૧૨ + ૨૪}{૨}$$

$$= \frac{૫૨}{૨}$$

$$= ૨૬$$

આકૃતિ ૨૭

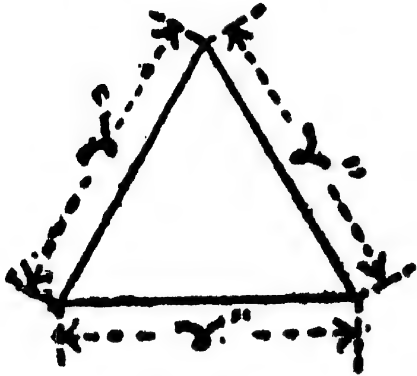
$$\begin{aligned} \text{ત્યારે, ક્ષેત્રફળ} &= \sqrt{૨૬ \times (૨૬ - ૧૬) \times (૨૬ - ૧૨) \times (૨૬ - ૨૪)} \\ &= \sqrt{૨૬ \times ૧૦ \times ૧૪ \times ૨} \\ &= \sqrt{૭૨૮૦} \\ &= \underline{૮૫.૩૨} \text{ ચોરસ ઇંચ} \end{aligned}$$

કોઈ સમબાજુ ત્રિકોણ (ધક્વીલેટરલ ત્રાયએંગલ)ની

બાજુઓની લંબાઈ આપી હોય ત્યારે તેનું ક્ષેત્રફળ શોધવાની રીત:—

$$\text{ક્ષેત્રફળ} = \frac{\text{એક બાજુનો વર્ગ} \times \sqrt{3}}{4}$$

દાખલો ૩૨—એક સમબાજુ ત્રિકોણની દરેક બાજુની લંબાઈ ૪ ઇંચ છે તો તેનું ક્ષેત્રફળ શોધો ?



આકૃતિ ૨૮

$$\text{ક્ષેત્રફળ} = \frac{\text{એક બાજુનો વર્ગ} \times \sqrt{3}}{4}$$

$$= \frac{4^2 \times \sqrt{3}}{4}$$

$$= \frac{4 \times 4 \times \sqrt{3}}{4}$$

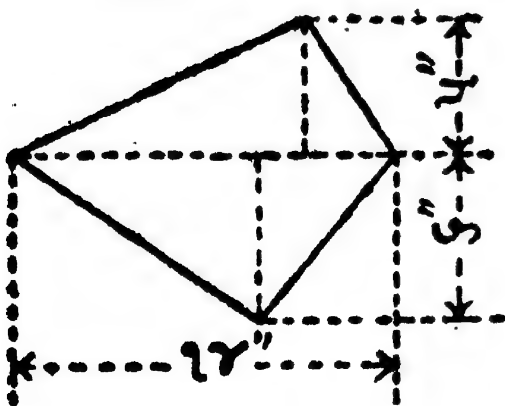
$$= 4 \times \sqrt{3}$$

$$= 4 \times ૧.૭૩૨$$

$$= ૬.૯૨૮ \text{ ઇંચ}$$

ત્રેપેઝીયમનું ક્ષેત્રફળ શોધવાની રીત:—ત્રેપેઝીયમનાં કોઈપણ બે સામેનાં ખુણાઓને એક સીધી લીટી વડે જોડો, એટલે તેને બે ત્રિકોણમાં વિભક્ત કરો. આ લીટીને માપો, અને તેને દરેક ત્રિકોણનો પાયો કહો. પછી આ પાયાની લીટી ઉપરથી દરેક ત્રિકોણની લંબ હંચાઈ માપો, અને ત્રિકોણનાં નિયમ મુજબ બન્ને ત્રિકોણનું ક્ષેત્રફળ શોધો. આ ક્ષેત્રફળોનો સરવાળો કરવાથી આખી આકૃતિનું ક્ષેત્રફળ મળશે.

દાખલો ૩૩—એક ત્રેપેઝીયમના માપો નીચે પ્રમાણે છે, તો તેનું ક્ષેત્રફળ શોધો ?



આકૃતિ ૨૯

$$\text{ક્ષેત્રફળ} = ૧૪ \times \frac{૫}{૨} = ૩૫ \text{ ચો. ઇંચ}$$

$$= ૧૪ \times \frac{૬}{૨} = ૪૨ \text{ ચો. ઇંચ}$$

$$\underline{\underline{૭૭ \text{ ચો. ઇંચ}}}$$

ત્રેપેઝોઇડનું ક્ષેત્રફળ શોધવાની રીત:—બે સમાંતર બાજુઓનાં સરવાળાના અર્ધને તે બાજુઓ વચ્ચેનાં લંબ અંતર વડે ગુણો.

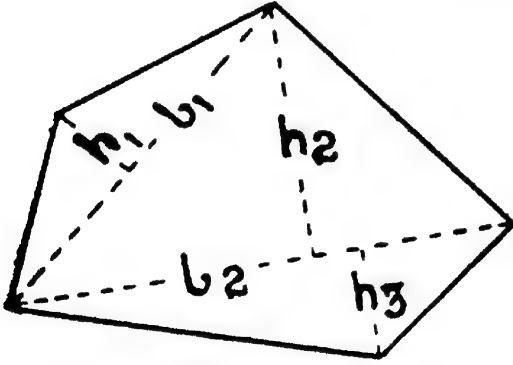
દાખલો ૩૪—ચાર બાજુવાળી એક પ્લેટની સમાંતર બાજુઓની લંબાઈ ૩ ફુટ અને ૫ ફુટ છે, અને તેમની વચ્ચેનું લંબ અંતર ૨.૫ ફુટ છે, તો તેનું ક્ષેત્રફળ શોધો ?

$$\begin{aligned}\text{ક્ષેત્રફળ} &= \frac{૩ + ૫}{૨} \times ૨.૫ \\ &= \underline{૧૦ \text{ ચોરસ ફુટ}}\end{aligned}$$

બહુકોણાકૃતિ (પોલીગોન)નું ક્ષેત્રફળ શોધવાની રીત:—

બહુકોણાકૃતિને સવળભરેલા ભાગોમાં વિભક્ત કરવી, અને દરેક ભાગનું ક્ષેત્રફળ શોધી તે ક્ષેત્રફળનો સરવાળો કરવાથી આખી આકૃતિનું ક્ષેત્રફળ મળશે.

દાખલો ૩૬—નીચે આપેલાં માપ અને આકારની એક પ્લેટનું ક્ષેત્રફળ શોધો ?



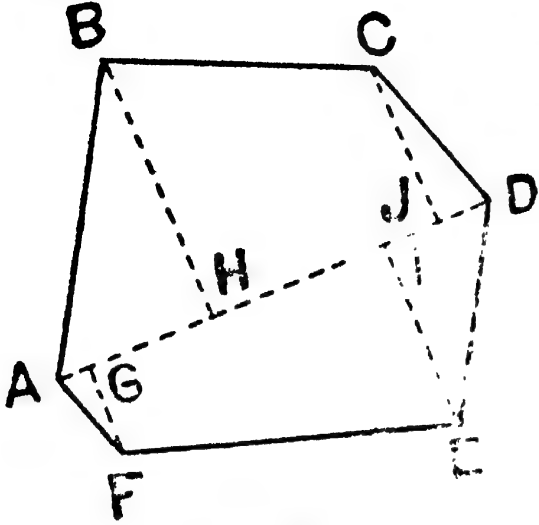
$$\begin{aligned}b_1 &= ૭.૫ \text{ ફુટ}, b_2 = ૯ \text{ ફુટ}, h_1 \\ &= ૧.૫ \text{ ફુટ}, h_2 = ૪.૫ \text{ ફુટ}, \text{ અને} \\ h_3 &= ૩ \text{ ફુટ}.\end{aligned}$$

આકૃતિ ૩૦

આ આકૃતિ ત્રણ ત્રિકોણમાં વિભક્ત થાય છે,

$$\begin{aligned}\therefore \text{ક્ષેત્રફળ} &= b_1 \times \frac{h_1}{૨} + b_2 \times \frac{h_2}{૨} + b_3 \times \frac{h_3}{૨} \\ &= ૭.૫ \times \frac{૧.૫}{૨} + ૯ \times \frac{૪.૫}{૨} + ૯ \times \frac{૩}{૨} \\ &= ૭.૫ \times ૦.૭૫ + ૯ \times ૨.૨૫ + ૯ \times ૧.૫ \\ &= ૫.૬૨૫ + ૨૦.૨૫ + ૧૩.૫ \\ &= \underline{૩૯.૩૭૫ \text{ ચોરસ ફુટ}}\end{aligned}$$

દાખલો ૩૬—નીચે આપેલી છ બાજુની બનેલી આકૃતિમાં
 $BH = ૫''$, $CJ = ૪.૫''$, $EI = ૩.૭૫''$, $FG = ૩''$, $AH =$
 $૩.૫''$, $HJ = ૫.૫''$, $JD = ૨''$,
 $AG = ૨.૫''$, અને $GI = ૫.૩''$



છે તો તેનું ક્ષેત્રફળ શોધો ?

ઉપલાં માપ ઉપરથી માલમ પડશે કે $AD = ૧૧''$ અને $AI = ૭.૮''$ છે, ત્યારે $ID = ૧૧ - ૭.૮ = ૩.૨''$ છે.

આ આકૃતિને ચાર ત્રિકોણ અને બે ત્રેપેઝોઇડમાં વિભક્ત કરી શકાય છે, માટે

આકૃતિ ૩૧
 ત્રિકોણ AHB નું ક્ષેત્રફળ $= ૩.૫ \times \frac{૫}{૨} = ૮.૭૫$ ચોરસ ઇંચ.

ત્રેપેઝોઇડનું $BHJC$ નું ક્ષેત્રફળ $= \frac{૫ + ૪.૫}{૨} \times ૫.૫ = ૨૬.૧૨૫$ ચો. ઇં.

ત્રિકોણ CJD નું ક્ષેત્રફળ $= ૨ \times \frac{૪.૫}{૨} = ૪.૫$ ચોરસ ઇંચ

ત્રિકોણ AGF નું ક્ષેત્રફળ $= ૨.૫ \times \frac{૩}{૨} = ૩.૭૫$ ચોરસ ઇંચ

ત્રેપેઝોઇડ $FGIE$ નું ક્ષેત્રફળ $= \frac{૩ + ૩.૭૫}{૨} \times ૫.૩ = ૧૭.૮૮૭૫$ ચો. ઇં.

ત્રિકોણ DIE નું ક્ષેત્રફળ $= ૩.૨ \times \frac{૩.૭૫}{૨} = ૬.૦૦૦$ ચો. ઇંચ

\therefore આખી આકૃતિનું ક્ષેત્રફળ $= ૮.૭૫ + ૨૬.૧૨૫ + ૪.૫$
 $+ ૩.૭૫ + ૧૭.૮૮૭૫ + ૬.૦૦૦$
 $= ૬૭.૦૧૨૫$ ચો. ઇંચ

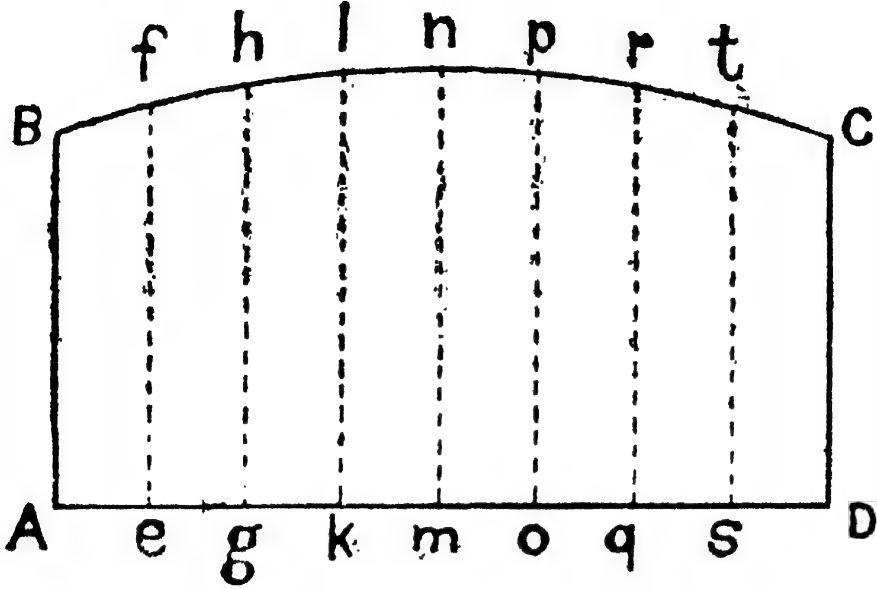
સમબાજુ પરકોણનું ક્ષેત્રફળ શોધવાની રીત:—પરકોણની

એક બાજુના વર્ગને $\frac{૩}{૪}\sqrt{૩}$ વડે ગુણવા.

દાખલો ૨૮—એક પરકોણની દરેક બાજુની લંબાઈ ૨ ઇંચ છે, તો તેનું ક્ષેત્રફળ શોધો ?

$$\begin{aligned} \text{ક્ષેત્રફળ} &= ૨^2 \times \frac{૩}{૪} \times \sqrt{૩} \\ &= ૨ \times ૨ \times \frac{૩}{૪} \times ૧.૭૩૨ \\ &= ૧૦.૩૯૨ \text{ ચોરસ ઇંચ} \end{aligned}$$

ચાર બાજુની બનેલી આકૃતિ જેની એક બાજુ વાંકવાળી હોય તેનું ક્ષેત્રફળ શોધવાની રીત:—(જુઓ આકૃતિ ૩૨).



આકૃતિ ૩૨

પહેલો નિયમ:—આપેલી આકૃતિ ABCDમાં લીટી ADને કોઈ પણ સંખ્યાનાં સરખા ભાગો Ae, eg, gk, વીગેરેમાં વિભક્ત કરો, અને દરેક બિંદુમાંથી તે લીટીને કાટખુણે ઉભી લીટીઓ દોરો. આ પ્રમાણે આખું ક્ષેત્રફળ ઉપલી આકૃતિમાં બતાવ્યા પ્રમાણે ૮ ત્રેપેઝોઇડમાં વિભક્ત કરવામાં આવ્યું છે, અને હવે દરેક ત્રેપેઝોઇડની વાંકવાળી બાજુને સીધી લીટી તરીકે ધારી લેવામાં આવે છે; ત્યારે ત્રેપેઝોઇડનું ક્ષેત્રફળ શોધવાનાં નિયમ પ્રમાણે દરેક ત્રેપેઝોઇડનાં ક્ષેત્રફળ શોધી તે સઘળાંનો સરવાળો કરવાથી આખી આકૃતિનું ક્ષેત્રફળ મળશે. આ નિયમને “ત્રેપેઝોઇડલ રૂલ” (trapezoidal rule) એટલે “ત્રેપેઝોઇડનો નિયમ” કહે છે.

$$\text{ત્રેપેઝોઇડ BAefનું ક્ષેત્રફળ} = \left(\frac{1}{2} AB + \frac{1}{2} ef \right) \times Ae$$

$$,, \quad fegh \quad ,, = \left(\frac{1}{2} ef + \frac{1}{2} gh \right) \times eg$$

$$,, \quad hgkl \quad ,, = \left(\frac{1}{2} gh + \frac{1}{2} kl \right) \times gk$$

$$\begin{aligned}
 \text{,, lkmn} & \text{,,} = \left(\frac{1}{2} kl + \frac{1}{2} mn \right) \times km \\
 \text{,, nmop} & \text{,,} = \left(\frac{1}{2} mn + \frac{1}{2} op \right) \times mo \\
 \text{,, poqr} & \text{,,} = \left(\frac{1}{2} op + \frac{1}{2} qr \right) \times oq \\
 \text{,, rqst} & \text{,,} = \left(\frac{1}{2} qr + \frac{1}{2} st \right) \times qs \\
 \text{,, ts DC} & \text{,,} = \left(\frac{1}{2} st + \frac{1}{2} DC \right) \times sD
 \end{aligned}$$

પણ બે ઉભી લીટીઓ વચ્ચેનાં અંતર સરખાં છે, માટે

$$\text{આકૃતિ ABCDનું ક્ષેત્રફળ} = \left(\frac{1}{2} AB + ef + gh + kl + mn + op + qr + st + \frac{1}{2} DC \right) \times Ac.$$

ત્યારે આવી આકૃતિનું ક્ષેત્રફળ શોધવાનો નીચમ (ત્રેપેઝોઇડલ રૂલ) નીચે પ્રમાણે થશે:—

નિયમ:—આકૃતિને ઉભી લીટીઓ વડે કોઈપણ સંખ્યાનાં સરખા ભાગોમાં વિભક્ત કરો અને તે ઉભી લીટીઓની લંબાઈ માપો; પહેલી અને છેલ્લી ઉભી લીટીઓની લંબાઈનાં સરવાળાનાં અર્ધમાં બાકીની સઘળી ઉભી લીટીઓની લંબાઈ ઉમેરો, અને જે સરવાળો આવે તેને ઉભી લીટીઓ વચ્ચેનાં એક અંતર વડે ગુણો.

દાખલો ૩૬—આગળ આપેલી ચાર બાજુની બનેલી આકૃતિ કે જેની એક બાજુ વાંકવાળી છે તેમાં ઉભી લીટીઓ

$AB = ૪૨"$, $ef = ૪૮"$, $gh = ૫૬"$, $kl = ૬૦"$, $mn = ૬૨"$, $op = ૬૨"$, $qr = ૬૦"$, $st = ૫૮"$ અને $DC = ૫૨"$ છે, અને ઉભી લીટીઓ વચ્ચેનું અંતર $૧૬"$ છે, તો તેનું ક્ષેત્રફળ શોધો ?

$$\text{ક્ષેત્રફળ} = \left(\frac{૪૨ + ૫૨}{૨} + ૪૮ + ૫૬ + ૬૦ + ૬૨ + ૬૨ + ૬૦ + ૫૮ \right) \times ૧૬ = \underline{\underline{૭૨૪૮}} \text{ ચોરસ ઈંચ.}$$

ખીલે નિયમ જેને “સીમ્પ્સનનો નિયમ (સીમ્પ્સન્સ રૂલ Simpson's rule) કહે છે — આપેલી આકૃતિની લંબાઈને કોઈપણ બેકી (even) સંખ્યાના સરખા ભાગમાં વિભક્ત કરો, એટલે

ખીજ શબ્દોમાં કહીએ તો ઉભી લીટીઓની સંખ્યા એકી હોવી જોઈએ. હવે પહેલી અને છેલ્લી ઉભી લીટીઓનાં સરવાળામાં બેકી ઉભી લીટીઓનાં સરવાળાનું ચારગણું અને એકી ઉભી લીટીઓનાં સરવાળાનું બમણું ઉમેરો, અને જે સરવાળો આવે તેને ૩ વડે ભાગી ઉભી લીટીઓ વચ્ચેનાં કોઈપણ એક અંતર વડે ગુણો.

દાખલો ૪૦ — ઉપલીજ આકૃતિનું ક્ષેત્રફળ સીમ્પ્સનનાં નિયમ વડે શોધો ?

આ આકૃતિની લંબાઈને બેકી સંખ્યાનાં સરખા ભાગોમાં એટલે બે, ચાર, છ, આઠ, દશ, વીગેરેમાં વિભક્ત કરો. અત્રે ૮ સરખા ભાગમાં વિભક્ત કરેલી છે, ત્યારે

$$\begin{aligned}
 \text{ક્ષેત્રફળ} &= \left\{ \frac{(૪૨+૫૨)+૪(૪૮+૬૦+૬૨+૫૮)+૨(૫૬+૬૨+૬૦)}{૩} \right\} \times ૧૬ \\
 &= \left\{ \frac{૯૪ + (૪ \times ૨૨૮) + (૨ \times ૧૭૮)}{૩} \right\} \times ૧૬ \\
 &= \left(\frac{૯૪ + ૯૧૨ + ૩૫૬}{૩} \right) \times ૧૬ \\
 &= \frac{૧૩૬૨}{૩} \times ૧૬ \\
 &= \underline{\underline{૭૨૬૪ \text{ ચોરસ ઇંચ.}}}
 \end{aligned}$$

વર્તુલનું ક્ષેત્રફળ શોધવાની રીત:—વ્યાસનાં વર્ગને $\cdot ૭૮૫૪$ અથવા $\frac{૩૧}{૩૨}$ વડે ગુણવા. અથવા, ત્રિજ્યાનાં વર્ગને $૩ \cdot ૧૪૧૬$ અથવા $\frac{૨૨}{૧૯}$ વડે ગુણવા.

દાખલો ૪૧—એક વર્તુલનો વ્યાસ ૧૦ ઇંચ છે, તો તેનું ક્ષેત્રફળ શોધો ?

$$\begin{aligned}
 \text{ક્ષેત્રફળ} &= \text{વ્યાસ}^2 \times \cdot ૭૮૫૪ \\
 &= ૧૦ \times ૧૦ \times \cdot ૭૮૫૪ \\
 &= \underline{\underline{૭૮ \cdot ૫૪ \text{ ચોરસ ઇંચ}}}
 \end{aligned}$$

દાખલો ૪૨—એક વર્તુલનું ક્ષેત્રફળ ૩૮૦.૧૩૩૬ ચોરસ ઇંચ છે, તો તેનો વ્યાસ શોધો ?

$$\text{વ્યાસ}^2 \times 0.7854 = \text{ક્ષેત્રફળ}$$

$$\begin{aligned} \text{માટે, વ્યાસ} &= \sqrt{\frac{\text{ક્ષેત્રફળ}}{0.7854}} \\ &= \sqrt{\frac{380.1336}{0.7854}} \\ &= \sqrt{484} \\ &= \underline{22 \text{ ઇંચ}} \end{aligned}$$

દાખલો ૪૩—એક વર્તુલનું ક્ષેત્રફળ ૧૫૯૦.૪૩૫ ચોરસ ઇંચ છે, તો તેનો પરિઘ કેટલો હશે ?

$$\begin{aligned} \text{વ્યાસ} &= \sqrt{\frac{\text{ક્ષેત્રફળ}}{0.7854}} \\ &= \sqrt{\frac{1590.435}{0.7854}} \\ &= 44 \text{ ઇંચ} \\ \text{પરિઘ} &= \text{વ્યાસ} \times 3.1416 \\ &= 44 \times 3.1416 \\ &= \underline{138.2304 \text{ ઇંચ}} \end{aligned}$$

દાખલો ૪૪—એક વર્તુલનું ક્ષેત્રફળ એક લંબચોરસ જેની બાજુઓ ૭ ઇંચ અને ૫ ઇંચ છે તેના ક્ષેત્રફળની બરાબર છે, તો તે વર્તુલની ત્રિજ્યા કેટલી હશે ?

$$\text{લંબ ચોરસનું ક્ષેત્રફળ} = 7 \times 5 = 35 \text{ ચો. ઇંચ}$$

∴ વર્તુલનું ક્ષેત્રફળ = ૩૫ ચો. ઇંચ છે.

$$\text{ત્રિજ્યા}^2 \times 3.1416 = \text{ક્ષેત્રફળ}$$

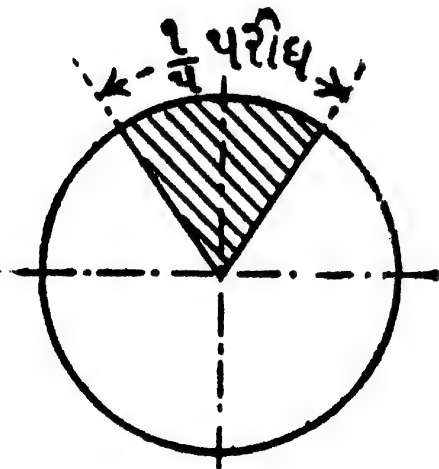
$$\begin{aligned} \text{ત્રિજ્યા} &= \sqrt{\frac{\text{ક્ષેત્રફળ}}{3.1416}} \\ &= \sqrt{\frac{34}{3.1416}} \\ &= \underline{11.18 \text{ ઈંચ}} \end{aligned}$$

સેક્ટર (Sector)નું ક્ષેત્રફળ શોધવાની રીત:—

સેક્ટરમાંનાં આર્કની લંબાઈને વર્તુલની અર્ધ ત્રિજ્યા વડે ગુણવા, અથવા, આર્કનાં ઓંશ અથવા ડીગ્રીની સંખ્યાને વર્તુલનાં ક્ષેત્રફળ વડે ગુણી તેને ૩૬૦ વડે ભાગવા, ટુંકમાં—

$$\begin{aligned} \text{સેક્ટરનું ક્ષેત્રફળ} &= \text{આર્કની લંબાઈ} \times \frac{\text{ત્રિજ્યા}}{2} \\ \text{અથવા,} &= \frac{\text{આર્કનાં ઓંશ} \times \text{વર્તુલનું ક્ષેત્રફળ}}{360} \end{aligned}$$

દાખલો ૪૫—૧૦ ઈંચ વ્યાસનાં વર્તુલનાં એક સેક્ટર કે જેની આર્ક $\frac{1}{4}$ પરિઘની બરાબર છે તેનું ક્ષેત્રફળ શોધો ?



આકૃતિ ૩૩

$$\begin{aligned} \text{ક્ષેત્રફળ} &= \text{આર્કની લંબાઈ} \times \frac{\text{ત્રિજ્યા}}{2} \\ &= \frac{1}{4} \times 10 \times 3.1416 \times \frac{5}{2} \\ &= \underline{14.908 \text{ ચોરસ ઈંચ.}} \\ &\text{અથવા} \\ &= \frac{\text{આર્કનાં ઓંશ} \times \text{વર્તુલનું ક્ષેત્રફળ}}{360} \\ &= \frac{360}{4} \times \frac{10 \times 10 \times 3.1416}{360} \\ &= \underline{14.908 \text{ ચોરસ ઈંચ.}} \end{aligned}$$

સેગમેન્ટ (segment)નું ક્ષેત્રફળ શોધવાની રીત:—

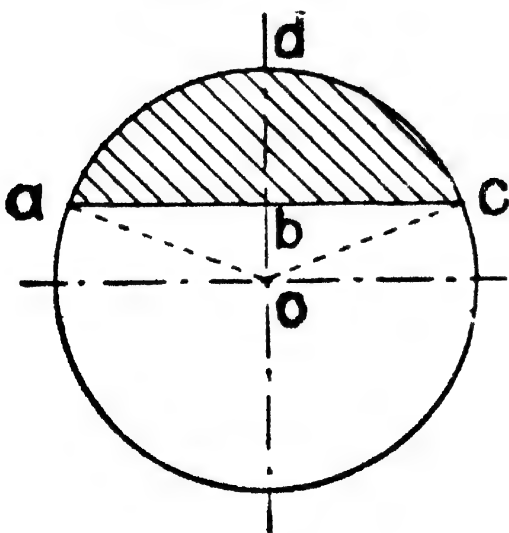
અર્ધવર્તુલ કરતાં નાનાં સેગ્મેન્ટનું ક્ષેત્રફળ શોધવાની રીત—સેગ્મેન્ટનાં આર્કની લંબાઈ જેટલાં આર્કવાળાં સેક્ટરનાં ક્ષેત્રફળમાંથી જે ત્રિકોણનાં પાયા તરીકે સેગ્મેન્ટની કોર્ડ અથવા જ્યા હોય અને તેની ટોચ (vertex) તરીકે વર્તુલનું મધ્ય બિંદુ હોય તે ત્રિકોણનું ક્ષેત્રફળ બાદ કરવું; ટુંકમાં—

ક્ષેત્રફળ = સેક્ટરનું ક્ષેત્રફળ—સેગ્મેન્ટનાં કોર્ડ અને વર્તુલની બે ત્રિજ્યા વડે બનેલા સેક્ટરમાંનાં ત્રિકોણનું ક્ષેત્રફળ.

અર્ધ વર્તુલ કરતાં મોટા સેગ્મેન્ટનું ક્ષેત્રફળ શોધવાની રીત—સેગ્મેન્ટનાં આર્કની લંબાઈ જેટલા આર્કવાળા સેક્ટરનાં ક્ષેત્રફળમાં જે ત્રિકોણનાં પાયા તરીકે સેગ્મેન્ટની કોર્ડ અથવા જ્યા હોય અને તેની ટોચ (vertex વર્ટેક્સ) તરીકે વર્તુલનું મધ્યબિંદુ હોય તે ત્રિકોણનું ક્ષેત્રફળ ઉમેરવું; અથવા, વર્તુલનાં ક્ષેત્રફળમાંથી અર્ધવર્તુલ કરતાં નાનાં સેગ્મેન્ટનું ક્ષેત્રફળ બાદ કરવું.

દાખલો ૪૬—૬ ફુટ વ્યાસવાળાં વર્તુલનાં સેગ્મેન્ટ abcd, જેમાં આર્ક adcની લંબાઈ $\frac{3}{4}$ પરિધ જેટલી છે, તે તેનું ક્ષેત્રફળ શોધો ?

આકૃતિ ૩૪માં દેખાડયા પ્રમાણે કોઈ પણ સ્કેલે ૬ ફુટ વ્યાસનું



આકૃતિ ૩૪

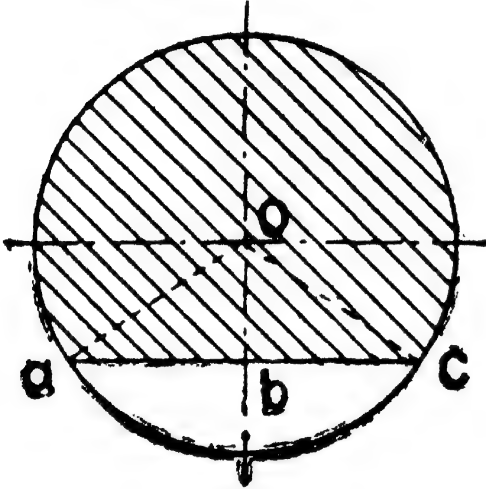
વર્તુલ દોરી કોર્ડ અથવા જ્યા abcdની લંબાઈ શોધો. ac અને oc બેઠવાથી સેક્ટર oacનો બનશે, જેમાં aoc ત્રિકોણ છે. આ ત્રિકોણની લંબ ઉચાઈ ob નક્કી કરો. વર્તુલનાં સ્કેલથી માપ લેતાં કોર્ડ abcની લંબાઈ $\frac{3}{4}$ ફુટ મળે છે, અને લંબ ઉચાઈ ob $\frac{1}{4}$ ફુટ મળે છે, સારું—

સેગ્મેન્ટ abcdનું ક્ષેત્રફળ = સેક્ટર

oacનો ક્ષેત્રફળ—ત્રિકોણ aocનું ક્ષેત્રફળ

$$\begin{aligned}
 &= \left(\text{આર્કની લંબાઈ} \times \frac{\text{ત્રિજ્યા}}{2} \right) - \left(\text{કોર્ડ} \times \frac{\text{લંબ ઉંચાઈ}}{2} \right) \\
 &= \left(\frac{6 \times 3.1416}{3} \times \frac{3}{2} \right) - \left(4.24 \times \frac{1.094}{2} \right) \\
 &= 6.2832 - 4.58394 \\
 &= 1.69926 \text{ ચોરસ ફુટ}
 \end{aligned}$$

દાખલો ૪૯—૬ ફુટ વ્યાસવાળાં વર્તુલનાં નીચે આપેલાં સેગ્મેન્ટ abcd જેમાં આર્ક abcની લંબાઈ ૩ પરિધ જેટલી છે તે તેનું ક્ષેત્રફળ શોધો ?



આકૃતિ ૩૫

abcdનું ક્ષેત્રફળ = સેક્ટર oacનું ક્ષેત્રફળ + ત્રિકોણ aocનું ક્ષેત્રફળ.

$$\begin{aligned}
 \text{માટે, સેગ્મેન્ટ abcdનું ક્ષેત્રફળ} &= \left(\text{આર્કની લંબાઈ} \times \frac{\text{ત્રિજ્યા}}{2} \right) \\
 &\quad + \left(\text{કોર્ડ} \times \frac{\text{લંબ ઉંચાઈ}}{2} \right) \\
 &= \left(\frac{3}{3} \times 6 \times 3.1416 \times \frac{3}{2} \right) + \left(4.24 \times \frac{1.094}{2} \right) \\
 &= 9.4248 + 4.58394 \\
 &= 14.00874 \text{ ચોરસ ફુટ}
 \end{aligned}$$

અથવા

સેગ્મેન્ટ abcdનું ક્ષેત્રફળ = વર્તુલનું ક્ષેત્રફળ - નાના સેગ્મેન્ટનું ક્ષેત્રફળ

પણ નાના સેગ્મેન્ટનું ક્ષેત્રફળ દાખલા ૪૬માં શોધ્યું છે, જે ૪૦૮૩૧૦૫ ચો. ફુટ છે, માટે

$$\begin{aligned} \text{સેગ્મેન્ટ } abcd \text{નું ક્ષેત્રફળ} &= (૬ \times ૬ \times ૭૮૫૪) - (૪૦૮૩૧૦૫) \\ &= ૨૮૦૨૭૪૪ - ૪૦૮૩૧૦૫ \\ &= ૨૩૦૪૪૩૩૫ \text{ ચો. ફુટ} \end{aligned}$$

લંબગોળ અથવા અંડાકૃતિ (ઇલીપ્સ)નું ક્ષેત્રફળ શોધવાની રીત:—લંબગોળનાં બંને વ્યાસોનાં ગુણાકારને ૦.૭૮૫૪ અથવા $\frac{૨૨}{૨૮}$ વડે ગુણવા

દાખલો ૪૮—એક લંબગોળનો મોટો વ્યાસ ૮ ઇંચ અને નાનો વ્યાસ ૫ ઇંચ છે, તો તેનું ક્ષેત્રફળ શોધો ?

$$\begin{aligned} \text{ક્ષેત્રફળ} &= \text{મોટો વ્યાસ} \times \text{નાનો વ્યાસ} \times ૦.૭૮૫૪ \\ &= ૮ \times ૫ \times ૦.૭૮૫૪ \\ &= ૩૧.૪૧૬ \text{ ચોરસ ઇંચ} \end{aligned}$$

દાખલો ૪૯—એક લંબગોળનું ક્ષેત્રફળ ૪૯૦૪૮૦૨ ચોરસ ફુટ છે. જો તેનો મોટો વ્યાસ ૯ ફુટ હોય તો નાનો વ્યાસ કેટલો હશે ?

$$\begin{aligned} \text{મોટો વ્યાસ} \times \text{નાનો વ્યાસ} \times ૦.૭૮૫૪ &= ૪૯૦૪૮૦૨ \\ ૯ \times \text{નાનો વ્યાસ} \times ૦.૭૮૫૪ &= ૪૯૦૪૮૦૨ \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \therefore \text{નાનો વ્યાસ} &= \frac{૪૯૦૪૮૦૨}{૯ \times ૦.૭૮૫૪} \\ &= ૭ \text{ ફુટ} \end{aligned}$$

નક્કર એટલે સોલીડ (SOLID)નાં સાદા આકારોને લગતી વ્યાખ્યાઓ

પેરેલેલોપાઈપેડ (Parallelopiped)— એ નક્કર છે જેની હદ ૬ સમાંતર બાજુ ચોખ્ખોથી બનેલી છે, જેમાંના દરેક સામ સામેના બે ચોખ્ખો સરખા અને સમાંતર ક્ષેત્રમાં હોય છે.

રેક્ટેંગ્યુલર (કાટકોણ ચોખ્ખાકાર) અને ઓબ્લીક (ત્રાંસા) પેરેલેલોપાઇડ — જે ચોખ્ખો વડે પેરેલેલોપાઇડની ૬૬ બનેલી છે તે જ્યારે કાટકોણ ચોખ્ખો હોય છે ત્યારે તે પેરેલેલોપાઇડને “રેક્ટેંગ્યુલર પેરેલેલોપાઇડ” કહેવામાં આવે છે. અને જ્યારે આ ચોખ્ખો કાટકોણ ચોખ્ખો હોતા નથી ત્યારે તેને “ઓબ્લીક એટલે ત્રાંસા પેરેલેલોપાઇડ” કહેવામાં આવે છે.

ધન (ક્યુબ Cube) — જે પેરેલેલોપાઇડની ૬૬ છ સમચોરસથી બનેલી હોય છે તેને “ક્યુબ” એટલે “ધન” કહેવામાં આવે છે, એટલે ધન એ નક્કર છે જે છ સરખી બાજુઓનો બનેલો છે અને તે દરેક બાજુ સમચોરસ છે.

પ્રિઝમ (Prism) એટલે સમપાદ ધન — એ નક્કર છે જેનાં છેડાઓ સમાંતર, એક સરખી અને અકેકને મળતી આવતી સપાટ આકૃતિઓ છે, અને જેની બાજુઓ સમાંતર બાજુ ચોખ્ખો (પેરેલેલોગ્રામ્સ) છે.

પિરામિડ (Pyramid) — એ નક્કર છે જેનો પાયો કોઈ પણ સપાટ આકૃતિ છે અને તેની બાજુઓ ત્રિકોણો છે, જેને એક સામાન્ય શિરોબિંદુ (વર્ટેક્સ vertex) છે.

પ્રિઝમ અને પિરામિડ ણુદી ણુદી જાતનાં હોય છે, જેમકે, ત્રિકોણાકાર પ્રિઝમ અને પિરામિડ, ચોરસ પ્રિઝમ અને પિરામિડ, પટ્ટકોણાકાર પ્રિઝમ અને પિરામિડ, વિગેરે. પ્રિઝમ અને પિરામિડને તેમના પાયાના આકાર ઉપરથી નામો આપવામાં આવે છે.

સીધા અથવા રાઈટ (right) પ્રિઝમ અને પિરામિડ — જે પ્રિઝમ અને પિરામિડની મધ્યરેખા (axis) પાયાને લંબ હોય છે તેને સીધા એટલે રાઈટ પ્રિઝમ અને પિરામિડ કહે છે.

ત્રાંસા એટલે ઓબ્લીક (oblique) પ્રિઝમ અને પિરામિડ — જે પ્રિઝમ અને પિરામિડની મધ્યરેખા (એક્સીસ axis)

પાયાને લંબ હોતી નથી તેને ત્રાંસા એટલે ઓબ્લીક પ્રિઝમ અથવા પિરામિડ કહે છે.

નક્કર એટલે સોલીડની મધ્યરેખા (એક્સીસ axis)— મધ્યરેખા એ નક્કરનાં મધ્ય ભાગમાંથી થઈને તેના પાયા અથવા છેડાઓના મધ્યબિંદુમાંથી પસાર થતી લીટી અથવા રેખા છે. ગોળાની મધ્યરેખા એ તેનાં મધ્યબિંદુથી સપાટી સુધી પસાર થતી કોઈ પણ સીધી લીટી છે.

વર્તુલ રથંભ એટલે સીલીન્ડર (Cylinder)—એ એક નક્કર અથવા સોલીડ છે જે, કાટકોણ ગોખુણુને તેની કોઈ પણ એક બાજુ જેને મધ્યરેખા એટલે એક્સીસ કહે છે અને જે સ્થાઈ રહે છે તેની ફરતે ચક્રગતિ આપવાથી ઉત્પન્ન થાય છે. તેને ગોળાકાર પાયા સાથનાં ગોળ પ્રિઝમ તરીકે પણ વર્ણવી શકાય.

શંકુ એટલે કોન (Cone)—એ નક્કર એટલે સોલીડ છે જે, લંબ (perpendicular)ની ફરતે કાટકોણ ત્રિકોણનાં પરિભ્રમણુ વર્તનથી (ચક્રગતિ આપવાથી) ઉત્પન્ન થાય છે. તેને ગોળાકાર પાયા સાથનાં ગોળ પિરામિડ તરીકે પણ વર્ણવી શકાય.

ગોળો એટલે સ્ફીઅર (Sphere અથવા Globe)—એ નક્કર છે જેની હદ એક બાહ્યગોળ સપાટીથી બનેલી છે અને તે સપાટીનો દરેક ભાગ તેની અંદર આવેલાં એક બિંદુ જેને મધ્યબિંદુ એટલે સેન્ટર કહે છે તેનાંથી સરખે અંતરે દુર છે.

ટેટ્રેહીડ્રોન (Tetrahedron)—એ ચાર સમબાજુ ત્રિકોણાકાર સપાટીઓ સાથનો સમ (રેગ્યુલર regular) પિરામિડ છે.

હેક્સેહીડ્રોન (Hexahedron) અથવા ધન (Cube)—એ નક્કર છે સમચોરસ સપાટીઓનો બનેલો છે.

ઑક્ટેહીડ્રોન (Octahedron)—એ નક્કર આઠ સમઘાળુ ત્રિકોણાકાર સપાટીઓનો બનેલો છે.

ડોડેકેહીડ્રોન (Dodecahedron)—એ નક્કર બાર સમ (રેગ્યુલર) પંચ કોણાકાર સપાટીઓનો બનેલો છે.

આઇકોસેહીડ્રોન (Icosahedron)—એ નક્કર વીસ સમઘાળુ ત્રિકોણાકાર સપાટીઓનો બનેલો છે.

એક નક્કર એટલે સોલીડનું સેગ્મેન્ટ (Segment)—પાયાને સમાંતર આવેલાં ક્ષેત્રવડે કાપી નાંખેલા નક્કર ભાગને ‘સેગ્મેન્ટ’ કહેવામાં આવે છે.

ફ્રુસ્ટ્રમ (Frustrum)—સેગ્મેન્ટને કાપી નાંખ્યા પછી નક્કર એટલે સોલીડનાં બાકી રહેલા પાયાની નજદીકનાં ભાગને “ફ્રુસ્ટ્રમ” કહે છે.

નક્કર (સોલીડ)નાં પૃષ્ઠફળ

પૃષ્ઠફળ—નક્કરની સપાટીનાં ક્ષેત્રફળને ‘પૃષ્ઠફળ એટલે સુપરફીશીઅલ એરીઅ અથવા સરફેસ એરીઅ (Superficial Area અથવા Surface Area)’ કહેવામાં આવે છે.

પેરેલેલોપાઇન્ડનું પૃષ્ઠફળ—આ નક્કરની લંબ છે સમાંતર ઘાળુ ચોખ્ખોથી બનેલી છે એટલે એનું પૃષ્ઠ (સરફેસ) છે સમાંતર ઘાળુ ચોખ્ખોનું બનેલું છે, માટે જે સમાંતર ઘાળુ ચોખ્ખોનો પેરેલેલોપાઇન્ડ બનેલો છે તેનાં ક્ષેત્રફળોનો સરવાળો કરવાથી પેરેલેલોપાઇન્ડનું પૃષ્ઠફળ મળે છે. તેટલા માટે, પેરેલેલોપાઇન્ડનું પૃષ્ઠફળ=તેની છે સમાંતર ઘાળુ ચોખ્ખાકાર ઘાળુઓનાં ક્ષેત્રફળોનો સરવાળો.

વર્તુલ રથંલ અથવા નળા (સીલીન્ડર Cylinder)ની વાંકવાળી સપાટીનું પૃષ્ઠફળ—આ નક્કરને કાટકોણ ચોખ્ખુને તેની કાઠપિણુ એક ઘાળુ જેને મધ્યરેષા (એક્સીસ) કહે છે અને જે સ્થાઈ રહે છે તેની ફરતે ચક્રગતિ આપીને ઉત્પન્ન કરેલો છે, માટે

વર્તુલ સ્થંભ (સીલીન્ડર)ની વાંકવાળી સપાટી આ કાટકોણ ચોખ્ખુની ખરાબર છે; આ કાટકોણ ચોખ્ખુની લંબાઈ સીલીન્ડરનાં તળીયાંનો પરિઘ અને છે અને તેની પહોળાઈ સીલીન્ડરની ઉંચાઈ અથવા લંબાઈ અને છે, માટે વર્તુલ સ્થંભ (સીલીન્ડર)ની વાંકવાળી સપાટીનું પૃષ્ઠફળ જે કાટકોણ ચોખ્ખુને ચક્રગતિ આપી તેને દિપત્ત કરેલો છે તે ચોખ્ખુનાં ક્ષેત્રફળની ખરાબર છે. તેટલા માટે વર્તુલ સ્થંભ (સીલીન્ડર)ની વાંકવાળી સપાટીનું પૃષ્ઠફળ શોધવા માટે—વર્તુલ સ્થંભ (સીલીન્ડર)ના પરિઘને તેની ઉંચાઈ અથવા લંબાઈ વડે ગુણવા, અથવા વર્તુલ સ્થંભ (સીલીન્ડર)ની વાંકવાળી સપાટીનું પૃષ્ઠફળ = વર્તુલ સ્થંભ અથવા નળાનો વ્યાસ \times ૩.૧૪૧૬ \times ઉંચાઈ અથવા લંબાઈ.

દાખલો ૫૦—એક ભુંગળાંનો બહારનો વ્યાસ ૧૨ ઈંચ અને લંબાઈ ૬ ફુટ છે, તો તેનું પૃષ્ઠફળ ચોરસ ફુટ અને ચોરસ ઈંચમાં શોધો.

$$\begin{aligned} \text{પૃષ્ઠફળ} &= \text{પરિઘ} \times \text{લંબાઈ} \\ &= ૧ \times ૩.૧૪૧૬ \times ૬ \\ &= \underline{૧૮.૮૪૯૬ \text{ ચોરસ ફુટ.}} \\ &= ૧૮.૮૪૯૬ \times ૧૪૪ \\ &= \underline{૨૬૭૧.૧૪૨૪ \text{ ચોરસ ઈંચ.}} \end{aligned}$$

દાખલો ૫૧—એક વરાળ યંત્ર એટલે સ્ટીમ એન્જીનનાં સીલીન્ડરનો અંદરનો વ્યાસ ૩૦ ઈંચ છે, અને અંદરની લંબાઈ ૩ ફુટ છે, તો તે સીલીન્ડરના અંદરનાં ભાગનું પૃષ્ઠફળ શોધો.

$$\begin{aligned} \text{પૃષ્ઠફળ} &= \text{પરિઘ} \times \text{લંબાઈ} \\ &= ૨.૫ \times ૩.૧૪૧૬ \times ૩ \\ &= \underline{૨૩.૫૬૨ \text{ ચોરસ ફુટ.}} \end{aligned}$$

દાખલો ૫૨—એક લોકો ટાઇપ બોયલરમાં ૪૮ નળીઓ (ટયુબ્સ) છે. દરેક નળીનો બહારનો વ્યાસ ૨ ઈંચ અને લંબાઈ ૧૦ ફુટ છે, તો બોયલરનાં પાણી સાથે સંબંધમાં રહેતી તે નળીઓની ગરમી આપનારી સપાટી (હીટીંગ સર્ફેસ)નું પૃષ્ઠફળ શોધો.

$$\begin{aligned} \text{એક નળીનું પૃષ્ઠફળ} &= \frac{4}{3} \times 3.1416 \times 10 \text{ ચો. ફુટ} \\ \therefore ૪૮ નળીઓનું પૃષ્ઠફળ &= \frac{4}{3} \times 3.1416 \times 10 \times ૪૮ \\ &= \underline{૨૫૧.૩૨૮ \text{ ચોરસ ફુટ.}} \end{aligned}$$

પિરામિડનું પૃષ્ઠફળ—આ નક્કર જેનો પાયો કોઈપણ સપાટ આકૃતિ છે અને જેની બાજુઓ ત્રિકોણો છે તેનું પૃષ્ઠફળ તે જોડકી ત્રિકોણાકાર બાજુઓનો બનેલો છે તે બાજુઓનાં ક્ષેત્રફળોનાં અને પાયાનાં ક્ષેત્રફળનાં સરવાળાની બરાબર છે.

ગોળાની સપાટીનું પૃષ્ઠફળ—ગોળો (રડીઅર) બાહ્યગોળ સપાટીનો બનેલો છે અને તે સપાટીનો દરેક ભાગ તેની અંદર આવેલાં મધ્યબિંદુ (સેન્ટર)થી સરખે અંતરે છે, તેટલા માટે ગોળાની બાહ્યગોળ સપાટીનું પૃષ્ઠફળ શોધવા માટે—

ગોળાના વ્યાસનો વર્ગ કરી તેને ૩.૧૪૧૬ અથવા $\frac{22}{7}$ વડે ગુણવા, અથવા

$$\text{ગોળાનું પૃષ્ઠફળ} = (\text{ગોળાનો વ્યાસ})^2 \times ૩.૧૪૧૬.$$

દાખલો ૫૩—એક પીતળનાં ગોળાકાર દડાનો વ્યાસ ૯ ઇંચ છે. આ ગોળાની બહારની સપાટી ઉપર ગીલીટ ચઢાવવાની છે. ગીલીટ કરવાનો ભાવ દર ચોરસ ફુટ સપાટી દીઠ ચાર રૂપીઆ છે, તો તે ગોળાને ગીલીટ કરવાનો શું ખર્ચ થશે ?

$$\begin{aligned} \text{દડાનું પૃષ્ઠફળ} &= \text{વ્યાસ}^2 \times ૩.૧૪૧૬ \\ &= ૯ \times ૯ \times ૩.૧૪૧૬ \\ &= ૧.૭૬૭૧૫ \text{ ચોરસ ફુટ} \end{aligned}$$

ચો. ફુટ

ચો. ફુટ

૩.

$$૧ : ૧.૭૬૭૧૫ :: ૪ : \text{કીંમત}$$

$$\therefore \text{કીંમત} = \frac{૧.૭૬૭૧૫ \times ૪}{૧}$$

$$= \underline{૩. ૭-૧આ.-૧પાઈ}$$

શંકુ એટલે કોન (Cone)ની વાંકવાળી સપાટીનું પૃષ્ઠફળ—આ નક્કરને કાટકોણ ત્રિકોણને કાટખુણો બનાવતી તેની બે બાજુઓમાંની કોઈપણ એક બાજુ ને સ્થાઈ રહે છે તેની ફરતે ચક્રગતિ આપીને ઉત્પન્ન કરવામાં આવે છે. શંકુ (કોન)ની ઉંચાઈ કાટકોણ ત્રિકોણની બે બાજુ સ્થાઈ રહે છે અને બેની ફરતે તેને ચક્રગતિ આપવામાં આવે છે તેની લંબાઈની બરાબર છે, અને શંકુની ત્રાંસી ઉંચાઈ અથવા બાજુ તે કાટકોણ ત્રિકોણના કર્ણ (હાઇપોટેન્યુસ hypotenuse) જેની ચક્રગતિથી શંકુ ઉત્પન્ન થાય છે તેની બરાબર છે. તેટલા માટે શંકુ એટલે કોનની વાંકવાળી સપાટીનું પૃષ્ઠફળ શોધવા માટે—શંકુનાં પાયાનાં પરિઘને ત્રાંસી ઉંચાઈ વડે ગુણી જે ગુણાકાર આવે તેનું અર્ધ કરવું, અથવા

$$\text{શંકુ (કોન)ની વાંકવાળી સપાટીનું પૃષ્ઠફળ} = \frac{\text{પાયાનો પરિઘ} \times \text{ત્રાંસી ઉંચાઈ}}{2}$$

દાખલો પૃષ્ઠ—એક શંકુનાં પાયાનો વ્યાસ ૧૨ ઇંચ છે અને તેની ત્રાંસી બાજુની ઉંચાઈ ૧૫ ઇંચ છે, તો તેની વાંકવાળી સપાટીનું પૃષ્ઠફળ શોધો.

$$\begin{aligned} \text{શંકુની વાંકવાળી સપાટીનું પૃષ્ઠફળ} &= \frac{\text{પાયાનો પરિઘ} \times \text{ત્રાંસી ઉંચાઈ}}{2} \\ &= \frac{12 \times 3.1416 \times 15}{2} \\ &= 282.768 \text{ ચોરસ ઇંચ.} \end{aligned}$$

શંકુ (કોન)નાં ફક્ષમની વાંકવાળી સપાટીનું પૃષ્ઠફળ—



આકૃતિ ૩૬

શંકુ (કોન)નાં ઉપલા ભાગને કાપી તેને ઉંચકી લીધા પછી જે બાકીનો નીચલો ભાગ રહે તેને “કોનનો ફક્ષમ” કહેવામાં આવે છે. શંકુ (કોન)ના ફક્ષમની વાંકવાળી સપાટીનું પૃષ્ઠફળ શોધવા માટે—શંકુ (કોન)નાં ફક્ષમનાં બંને

છેડાઓનાં પરિઘોનાં સરવાળાને તેની ત્રાંસી ઉંચાઈ વડે ગુણવા, અને જે ગુણાકાર આવે તેનું અર્ધ કરવું.

દાખલો ૫૫—એક શંકુનાં ક્ષત્રમનો મોટો વ્યાસ ૧૦ ઈંચ અને નાનો વ્યાસ ૬ ઈંચ છે, તથા તેની ત્રાંસી ઉંચાઈ ૫ ઈંચ છે, તો તેની વાંકવાળી સપાટીનું પૃષ્ઠફળ શોધો.

$$\begin{aligned} \text{પૃષ્ઠફળ} &= \frac{(૧૦ \times ૩.૧૪૧૬ + ૬ \times ૩.૧૪૧૬) \times ૫}{૨} \\ &= \frac{૩.૧૪૧૬ (૧૦ + ૬) \times ૫}{૨} \\ &= \frac{૩.૧૪૧૬ \times ૧૬ \times ૫}{૨} \\ &= \underline{૧૨૫.૬૬૪} \text{ ચોરસ ઈંચ.} \end{aligned}$$

નક્કર (સોલીડ)નાં ધનફળ (વોલ્યુમ).

કાટકોણ પ્રિઝમ અથવા રેક્ટેંગ્યુલર સોલીડનું ધનફળ શોધવાની રીત:—કાટકોણ પ્રિઝમની લંબાઈ, પહોળાઈ અને ઉંચાઈનો ગુણાકાર કરવો; ટુંકમાં કાટકોણ પ્રિઝમનું ધનમાપ એટલે વોલ્યુમ = લંબાઈ × પહોળાઈ × ઉંચાઈ.

દાખલો ૫૬—એક કાટકોણ પ્રિઝમ ૬ ફુટ લાંબો, ૫ ફુટ પહોળો અને ૩ ફુટ ઉંચો છે, તો તેનું ધનફળ એટલે વોલ્યુમ શોધો?

$$\text{ધનફળ} = ૬' \times ૫' \times ૩' = \underline{૯૦} \text{ ધનફુટ}$$

ઘન (ક્યુબ)નું ધનફળ શોધવાની રીત:—ઘનની એક બાજુનો ઘન કરવો, એટલે (ઘનની એક બાજુ)^૩.

દાખલો ૫૭—એક ઘનની લંબાઈ, પહોળાઈ અને ઉંચાઈ ૮ ઈંચ છે તો તેનું ધનફળ શોધો?

$$\begin{aligned} \text{ધનફળ} &= ૮^૩ = ૮ \times ૮ \times ૮ \\ &= \underline{૫૧૨} \text{ ધન ઈંચ.} \end{aligned}$$

વર્તુલાકાર સ્થંભ અથવા નળા (સીલીન્ડર)નું ધનક્રળ શોધવાની રીત :—નળાનાં પાયાનાં ક્ષેત્રક્રળને ઉંચાઈ અથવા લંબાઈ વડે ગુણવા, અથવા પાયાનું ક્ષેત્રક્રળ \times ઉંચાઈ અથવા લંબાઈ, અથવા પાયાનાં વ્યાસનો વર્ગ \times $\cdot ૭૮૫૪ \times$ ઉંચાઈ અથવા લંબાઈ.

દાખલો ૫૮—એક નળાનો વ્યાસ ૪ ફુટ છે અને લંબાઈ ૭ $\frac{૧}{૨}$ ફુટ છે, તો તેનું ધનક્રળ શોધો ?

$$\begin{aligned} \text{ધનક્રળ} &= \text{પાયાનું ક્ષેત્રક્રળ} \times \text{લંબાઈ} \\ &= ૪ \times ૪ \times \cdot ૭૮૫૪ \times ૭\cdot ૫ \\ &= \underline{૯૪\cdot ૨૪૮} \text{ ધનફુટ.} \end{aligned}$$

શંકુ (કોન) નું ધનક્રળ શોધવાની રીત :—શંકુનાં પાયાનાં ક્ષેત્રક્રળને લંબ ઉંચાઈ વડે ગુણવા અને જે ગુણાકાર આવે તેને ૩ વડે ભાગવા.

દાખલો ૫૯—એક શંકુનાં પાયાનો વ્યાસ ૧૦ ઈંચ અને લંબ ઉંચાઈ ૧૨ ઈંચ છે તો તેનું ધનક્રળ શોધો ?

$$\begin{aligned} \text{ધનક્રળ} &= \frac{\text{પાયાનું ક્ષેત્રક્રળ} \times \text{લંબ ઉંચાઈ}}{૩} \\ &= \frac{૧૦ \times ૧૦ \times \cdot ૭૮૫૪ \times ૧૨}{૩} \\ &= \underline{૩૧૪\cdot ૧૬} \text{ ધન ઈંચ} \end{aligned}$$

શંકુના ફ્રસ્ટ્રમનું ધનક્રળ શોધવાની રીત :—ફ્રસ્ટ્રમનાં બન્ને વ્યાસોનાં વર્ગનાં સરવાળામાં બન્ને વ્યાસોનો ગુણાકાર ઉમેરવો અને જે ગુણાકાર આવે તેને $\cdot ૭૮૫૪$ વડે ગુણી લંબ ઉંચાઈનાં ત્રીજા ભાગ

($\frac{૧}{૩}$) વડે ગુણવા, ટુંકમાં, ધનક્રળ = $\left\{ D^2 + d^2 + (D \times d) \right\} \times \cdot ૭૮૫૪ \times \frac{h}{૩}$,

એમાં D = ફ્રસ્ટ્રમનો મોટો વ્યાસ

d = ,, નાનો વ્યાસ

અને h = લંબ ઉંચાઈ

દાખલો ૬૦—એક સેફ્ટીવાલ્વનાં વજનનો મોટો વ્યાસ ૧૨ ઈંચ અને નાનો વ્યાસ ૬ ઈંચ છે, તથા જડાઈ ૪ ઈંચ છે, તો તેનું ધનક્રળ શોધો ?

$$\begin{aligned} \text{ધનક્રળ} &= \{ 12^2 + 6^2 + (12 \times 6) \} \times 0.0748 \times \frac{4}{3} \\ &= \{ 144 + 36 + 72 \} \times 0.0748 \times 1.33 \\ &= 242 \times 0.0748 \times 1.33 \\ &= \underline{243.23 \text{ ધન ઈંચ}} \end{aligned}$$

ગોળા (સ્ફીઅર)નું ધનક્રળ શોધવાની રીત:—ગોળાનાં વ્યાસનાં ધનને ૦.૭૮૫૪ વડે ગુણી જે ગુણાકાર આવે તેને $\frac{2}{3}$ વડે ગુણવા, અથવા ગોળાની ત્રિજ્યાનાં ધનને ૩.૧૪૧૬ વડે ગુણી જે ગુણાકાર આવે તેને $\frac{2}{3}$ વડે ગુણવા, ફંકમાં—

$$\text{ગોળાનું ધનક્રળ} = D^3 \times 0.0748 \times \frac{2}{3},$$

$$\text{અથવા } ,, ,, = r^3 \times 3.1416 \times \frac{2}{3},$$

એમાં D = ગોળાનો વ્યાસ, અને r = ગોળાની ત્રિજ્યા છે.

દાખલો ૬૧—એક ગોળાનો વ્યાસ ૫ ફુટ છે, તો તેનું ધનક્રળ શોધો ?

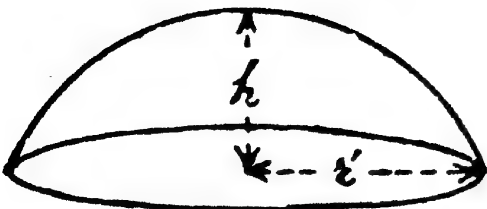
$$\begin{aligned} \text{ધનક્રળ} &= 5 \times 5 \times 5 \times 0.0748 \times \frac{2}{3} \\ &= \underline{64.81 \text{ ધનફુટ}} \end{aligned}$$

ગોળાનાં સેગ્મેન્ટનું ધનક્રળ શોધવાની રીત:—

$$\text{ધનક્રળ} = 0.5236 h (h^2 + 3r^2), \text{ એમાં}$$

h = સેગ્મેન્ટની ઉંચાઈ, અને

r = સેગ્મેન્ટનાં પાયા (base)ની ત્રિજ્યા.



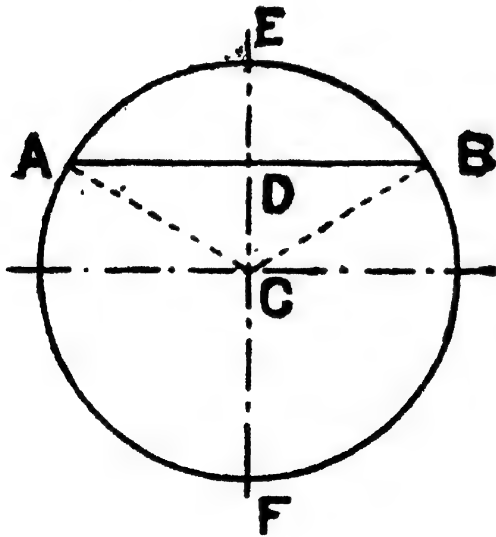
આકૃતિ ૩૭

દાખલો ૬૨—એક ગોળાનાં સેગ્મેન્ટનાં તળીયાનો વ્યાસ ૮ ઈંચ અને ઉંચાઈ ૨ ઈંચ છે, તો તેનું ક્ષેત્રક્રળ શોધો ?

$$\begin{aligned}
 \text{ક્ષેત્રકૂળ} &= \cdot ૫૨૩૬ h (h^2 + ૩r^2) \\
 &= \cdot ૫૨૩૬ \times ૨ (૨ \times ૨ + ૩ \times ૪ \times ૪) \\
 &= \cdot ૫૨૩૬ \times ૨ (૪ + ૪૮) \\
 &= \cdot ૫૨૩૬ \times ૨ \times ૫૨ \\
 &= \underline{૫૪ \cdot ૪૫૪૪ \text{ ધન ઇંચ.}}
 \end{aligned}$$

વઠણ સ્થંભ અથવા સીલીન્ડરનાં સેગ્મેન્ટનું ધનકૂળ શોધવાની રીત:—ધનકૂળ = સેગ્મેન્ટનું ક્ષેત્રકૂળ \times લંબાઈ.

દાખલો ૬૩—એક લેકેશીયર બોયલર જેનો અંદરનો વ્યાસ ૭૬ ઇંચ અને લંબાઈ ૨૮ ફુટ છે, તેમાં પાણીની સપાટી બોયલરનાં મથાળાંથી ૨૨.૫ ઇંચ નીચે છે, તો પાણીની સપાટીનું ક્ષેત્રકૂળ શોધો, અને તે બોયલરમાં વરાળ માટેની જગ્યા (steam space)નું ધનકૂળ શોધો ?



આકૃતિ ૩૮

આકૃતિ ૩૮ એક કોર્ડ AB દોરો, અને A તથા Bને વર્તુલનાં મધ્ય C સાથે અંકિત લીટીઓ AC અને BC વડે જોડો.

ત્યારે, AB = પાણીની સપાટીની પહોળાઈ થશે, અને AD = પાણીની સપાટીની પહોળાઈનું અર્ધ છે.

બોયલરનાં છેદ ચિત્ર (ક્રોસ સેક્શન cross section) દર્શાવનારું એક વર્તુલ કોર્ડ પણ સ્કેલે દોરો, અને તેમાં ઉભો વ્યાસ EF દોરો (જુઓ આકૃતિ ૩૮); અને આ વ્યાસ ૮૦ ઇંચનો છે, માટે ત્રિજ્યા CE = ૪૫ ઇંચ છે. ત્રિજ્યા CEનાં બે સરખા ભાગો D આગળ કરો, જે દરેક વિભાગ ૨૨.૫ ઇંચ બરાબર થશે, અને ત્યારપછી Dમાંથી EFને

કોર્ડ ABની લંબાઈ શોધવા માટે ત્રિકોણ ADC લેતાં—

$$AC^2 = AD^2 + CD^2$$

$$\begin{aligned} \text{માટે } AD^2 &= AC^2 - CD^2 \\ &= ૪૫^2 - ૨૨.૫^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{માટે } AD &= \sqrt{૧૫૧૮.૭૫} \\ &= ૩૮.૯ \text{ ઈંચ.} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} AB &= ૨AD \text{ છે, માટે} \\ &= ૨ \times ૩૮.૯ \\ &= ૭૭.૮ \text{ ઈંચ.} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{ત્યારે પાણીની સપાટીનું ક્ષેત્રફળ} &= \text{પહોળાઈ} \times \text{લંબાઈ} \\ &= \frac{૭૭.૮}{૧૨} \times ૨૮ \\ &= \underline{\underline{૧૮૧.૫૩ \text{ ચો. યુટ.}}} \end{aligned}$$

વરાળ માટેની જગ્યાનું છેદચિત્ર (કોસ સેકશન) વર્તુલનું સેગ્મેન્ટ છે, માટે

$$\begin{aligned} \text{વરાળ માટેની જગ્યાનું ઘનફળ} &= \text{સેગ્મેન્ટનું ક્ષેત્રફળ} \times \\ &\quad \text{બોયલરની લંબાઈ.} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{સેગ્મેન્ટનું ક્ષેત્રફળ} &= \text{સેક્ટર CAEBનું ક્ષેત્રફળ} - \\ &\quad \text{ત્રિકોણ ACBનું ક્ષેત્રફળ.} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} &= \left(\text{આર્કની લંબાઈ} \times \frac{\text{ત્રિજ્યા}}{૨} \right) - \\ &\quad - \left(\text{કોર્ડ} \times \frac{\text{લંબ ઉંચાઈ}}{૨} \right). \end{aligned}$$

આર્કની લંબાઈ માપતાં પરિઘનો ત્રીજો ભાગ છે, માટે

$$\text{સેગ્મેન્ટનું ક્ષેત્રફળ} = \left(\frac{૯૦ \times ૩.૧૪૧૬}{૩} \times \frac{૪૫}{૨} \right) - \left(૭૭.૮ \times \frac{૨૨.૫}{૨} \right)$$

$$\begin{aligned}
 &= 2120.48 - 275.24 \\
 &= 1845.24 \text{ ચોરસ ઇંચિ} \\
 &= \frac{1845.24}{144} \text{ ચોરસ ફુટ}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{સેગ્મેન્ટનું ધનમાપ} &= \text{સેગ્મેન્ટનું ક્ષેત્રફળ} \times \text{બોયલરની લંબાઈ} \\
 &= \frac{1845.24}{144} \times 24 \\
 &= 242.1474 \text{ ધનફુટ}
 \end{aligned}$$

કોઈપણ પદાર્થનાં એક ધનફુટ અને એક ધન ઇંચિનું વજન શોધવાનાં નિયમો:—

નિયમ ૧—કોઈપણ પદાર્થનાં એક ધનફુટનું વજન શોધવું હોય તો તે પદાર્થનાં વિશિષ્ટ ગુરૂત્વને (વિશિષ્ટ ગુરૂત્વ માટે જુઓ પ્રકરણ ખીજું) એક ધનફુટ મીઠાં પાણીનાં વજન ૬૨.૫ પૌંડ વડે ગુણવા. (પાણીનું વિશિષ્ટ ગુરૂત્વ એટલે સ્પેસીફીક ગ્રેવીટી ૧ લેવામાં આવે છે).

નિયમ ૨—કોઈપણ પદાર્થનાં એક ધનઇંચિનું વજન શોધવું હોય તો તે પદાર્થનાં વિશિષ્ટ ગુરૂત્વને એક ધનઇંચિ મીઠાં પાણીનાં વજન ૦.૦૩૬ વડે ગુણવા.

વજનો અને માપોનો કોઠો

- ૧ હંડ્રેડવેટ = ૧૧૨ પૌંડ.
- ૧ ટન = ૨૦ હંડ્રેડવેટ = ૨૨૪૦ પૌંડ.
- ૧ ચોરસફુટ = ૧૪૪ ચોરસ ઇંચિ.
- ૧ ધન ફુટ = $\begin{cases} 1728 \text{ ધન ઇંચિ} \\ 128 \text{ ગેલન} \end{cases}$
- ૧ ગેલન = $\begin{cases} 231 \text{ ઇંચિ}^3 = 0.13368 \text{ ધનફુટ} \\ 8 \text{ ક્વાર્ટ} = 4 \text{ પાઇન્ટ} = 32 \text{ ઓલ} \end{cases}$
- મીઠું પાણી $\begin{cases} 1 \text{ ધનફુટનું વજન } 62.5 \text{ પૌંડ} \\ 1 \text{ ધનઇંચિનું વજન } 0.036 \text{ પૌંડ} \\ 1 \text{ ગેલનનું વજન } 8.34 \text{ પૌંડ} \end{cases}$
- ખાંસ પાણી $\begin{cases} 1 \text{ ધનફુટનું વજન } 64 \text{ પૌંડ} \\ 1 \text{ ગેલનનું વજન } 8.5 \text{ પૌંડ} \end{cases}$

દાખલો ૬૪—એક ધનપુટ અને એક ધન ઇંચિ ધડતર લોઢાનું વજન શોધો ?

$$\begin{aligned} ૧ \text{ ધનપુટ ધડતર લોઢાનું વજન} &= \text{ધડતર લોઢાનું વિશિષ્ટ ગુરૂત્વ} \times ૬૨.૫ \\ &= ૭.૭ \times ૬૨.૫ \\ &= \underline{૪૮૧.૨૫ \text{ પૌંડ}} \end{aligned}$$

$$૧ \text{ ધન ઇંચિ ધડતર લોઢાનું વજન} = ૭.૭ \times .૦૨૬ = \underline{.૨૭૭૨ \text{ પૌંડ}}$$

દાખલો ૬૫—કેટલા ધન ઇંચ ધડતર લોઢાનું વજન ૧ પૌંડ થશે ?

$$૧ \text{ ધનપુટ} := ૧૭૨૮ \text{ ધન ઇંચિ}$$

$$\text{પૌંડ} \quad \text{પૌંડ} \quad \text{ધન ઇંચિ}$$

$$૪૮૧.૨૫ : ૧ :: ૧૭૨૮ : \text{ધન ઇંચ}$$

$$\frac{૧૭૨૮ \times ૧}{૪૮૧.૨૫} = \underline{૩.૬ \text{ ધન ઇંચિ}}$$

દાખલો ૬૬—એક ધનપુટ અને એક ધન ઇંચ ખીડનું વજન શોધો ?

$$\begin{aligned} \text{એક ધનપુટ ખીડનું વજન} &= \text{ખીડનું વિશિષ્ટ ગુરૂત્વ} \times ૬૨.૫ \\ &= ૭.૧ \times ૬૨.૫ \\ &= \underline{૪૪૩.૭૫ \text{ પૌંડ}} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{એક ધન ઇંચિ ખીડનું વજન} &= \text{ખીડનું વિશિષ્ટ ગુરૂત્વ} \times .૦૩૬ \\ &= ૭.૧ \times .૦૩૬ \\ &= \underline{.૨૫૫૬ \text{ પૌંડ}} \end{aligned}$$

દાખલો ૬૭—કેટલા ધન ઇંચ ખીડનું વજન ૧ પૌંડ થશે ?

$$\text{પૌંડ} \quad \text{પૌંડ} \quad \text{ધન ઇંચિ}$$

$$૪૪૩.૭૫ : ૧ :: ૧૭૨૮ : ૧ \text{ પૌંડના ધન ઇંચિ}$$

$$\text{એક પૌંડ ખીડનાં ધન ઇંચિ} = \frac{૧ \times ૧૭૨૮}{૪૪૩.૭૫}$$

$$= \underline{૩.૯ \text{ ધન ઇંચિ}}$$

દાખલો ૬૮—એક ધનક્રુટ અને એક ધન ઇંચ નરમ પોલાદ એટલે માઈલિડ સ્ટીલનું વજન શોધો? વળી કેટલા ધન ઇંચ નરમ પોલાદનું વજન ૧ પૌંડ થશે?

$$\text{એક ધનક્રુટ નરમ પોલાદનું વજન} = \text{તેનું વિશિષ્ટ ગુરુત્વ} \times ૬૨.૫$$

$$= ૭.૮ \times ૬૨.૫$$

$$= \underline{૪૮૭.૫ \text{ પૌંડ}}$$

$$\text{એક ધન ઇંચ નરમ પોલાદનું વજન} = ૭.૮ \times ૦.૦૩૬$$

$$= \underline{૦.૨૮૦૮ \text{ પૌંડ}}$$

પૌંડ પૌંડ ધ. ઇંચ

$$૦.૨૮૦૮ : ૧ :: ૧ : \text{ ધન ઇંચ}$$

$$\frac{૧ \times ૧}{૦.૨૮૦૮} = \underline{૩.૫ \text{ ધન ઇંચ}}$$

દાખલો ૬૯—પાણીની એક ધન ટાંકાની લંબાઈ, પહોળાઈ અને ઉંચાઈ ૪ ક્રુટ છે, તો તેમાં કેટલા પૌંડ અને ગેલન મીઠું પાણી સમાઈ શકશે?

$$\text{ટાંકાનું ધનકૃળ} = ૪' \times ૪' \times ૪'$$

$$= ૬૪ \text{ ધનક્રુટ}$$

$$\text{ધનક્રુટ} \quad \text{ધનક્રુટ} \quad \text{પૌંડ}$$

$$૧ : ૬૪ :: ૬૨.૫ : \text{પાણીનું વજન}$$

$$૬૪ \times ૬૨.૫ = \underline{૪૦૦૦ \text{ પૌંડ}}$$

$$\text{પૌંડ} \quad \text{પૌંડ} \quad \text{ગેલન}$$

$$૧૦ : ૪૦૦૦ :: ૧ : \text{ગેલન}$$

$$\frac{૪૦૦૦ \times ૧}{૧૦} = \underline{૪૦૦ \text{ ગેલન}}$$

દાખલો ૭૦—એક તેલની ટાંકી ૨ $\frac{૩}{૪}$ ક્રુટ લાંબી, ૧ $\frac{૩}{૪}$ ક્રુટ પહોળી, અને ૨ ક્રુટ ઉંડી છે, તો તેમાં કેટલા ગેલન અને પૌંડ તેલ સમાઈ શકશે?

$$\begin{aligned} \text{ધનકુળ} &= ૨.૫' \times ૧.૫' \times ૨ \\ &= ૭.૫ \text{ ધનકુટ} \end{aligned}$$

$$૧ \text{ ધનકુટ} = ૬.૨૫ \text{ ગેલન}$$

$$\text{ધ.કુ.} \quad \text{ધ.કુ.} \quad \text{ગેલન}$$

$$૧ : ૭.૫ :: ૬.૨૫ : \text{ગેલન}$$

$$૬.૨૫ \times ૭.૫ = \underline{૪૬.૮૭૫} \text{ ગેલન તેલ}$$

તેલનું વિશિષ્ટ ગુણત્વ .૯૨ છે, માટે

$$\begin{aligned} ૧ \text{ ધનકુટ તેલનું વજન} &= .૯૨ \times ૬૨.૫ \\ &= ૫૭.૫ \text{ પૌંડ} \end{aligned}$$

$$\text{ધનકુટ} \quad \text{ધનકુટ} \quad \text{પૌંડ}$$

$$૧ : ૭.૫ :: ૫૭.૫ : \text{પૌંડ તેલનું વજન}$$

$$૭.૫ \times ૫૭.૫ = \underline{૪૩૧.૨૫} \text{ પૌંડ તેલ}$$

દાખલો ૭૧—૨ ઈંચિ પહોળા, $\frac{૧}{૩}$ ઈંચિ જાડા અને ૧૦ ફુટ લાંબા લોખંડના પાટાનું વજન શોધો ?

$$\begin{aligned} \text{પાટાનું ધનકુળ} &= ૨ \times \frac{૧}{૩} \times ૧૦ \times ૧૨ \\ &= ૧૨૦ \text{ ધન ઈંચિ} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} ૧ \text{ ધન ઈંચિ ઘડતર લોહાનું વજન} &= ૭.૭ \times ૦.૦૩૬ \\ &= ૦.૨૭૭૨ \text{ પૌંડ} \end{aligned}$$

$$\text{ધન ઈંચિ} \quad \text{ધન ઈંચિ} \quad \text{પૌંડ}$$

$$૧ : ૧૨૦ :: ૦.૨૭૭૨ : \text{વજન}$$

$$\therefore \text{વજન} = \frac{૧૨૦ \times ૦.૨૭૭૨}{૧}$$

$$= \underline{૩૩.૨૬૪} \text{ પૌંડ.}$$

દાખલો ૭૨—પોલાદ એટલે સ્ટીલનાં $\frac{૧}{૩}$ ચોરસ અને ૧૨ ફુટ લાંબા સળીયાનું વજન કેટલું થશે ?

$$\begin{aligned} \text{સળીયાનું ધનકુળ} &= \frac{૧}{૩} \times \frac{૧}{૩} \times ૧૨ \times ૧૨ \\ &= ૨૨૫ \text{ ધન ઈંચિ} \end{aligned}$$

પોલાદનું વિશિષ્ટ ગુરુત્વ ૭.૮ છે, માટે

$$\begin{aligned} ૧ \text{ ધનદંચિ પોલાદનું વજન} &= \text{તેનું વિશિષ્ટ ગુરુત્વ} \times ૦.૦૩૬ \\ &= ૭.૮ \times ૦.૦૩૬ \\ &= ૦.૨૮૦૮ \text{ પૌંડ} \end{aligned}$$

ધ. ઈ.	ધ. ઈ.	પૌંડ
૧	૨૨૫	૦.૨૮૦૮
:	::	વજન
વજન = ૨૨૫ × ૦.૨૮૦૮		
= <u>૬૩.૧૮ પૌંડ</u>		

દાખલો ૭૩—ત્રાંખાનાં ઓતેલા એક નક્કર સીલીન્ડર (વર્તુલાકાર સ્થંભ)નો વ્યાસ ૪ ઈંચ છે, અને ઉંચાઈ ૬ ઈંચ છે તો તેનું વજન શોધો ?

$$\begin{aligned} \text{વર્તુલાકાર સ્થંભનું ધનકૂળ} &= \text{પાયાનું ક્ષેત્રકૂળ} \times \text{ઉંચાઈ} \\ &= ૪ \times ૪ \times ૦.૭૮૫૪ \times ૬ \\ &= ૭૫.૪ \text{ ધનદંચિ.} \end{aligned}$$

ઓતેલાં (solid) ત્રાંખાનું વિશિષ્ટ ગુરુત્વ ૮.૬૦૭ છે, માટે

$$\begin{aligned} \text{એક ધનદંચિ ત્રાંખાનું વજન} &= ૮.૬૦૭ \times ૦.૦૩૬ \\ &= ૦.૩૧ \text{ પૌંડ} \end{aligned}$$

ધનદંચિ	ધનદંચિ	પૌંડ
૧	૭૫.૪	૦.૩૧
:	::	વજન
વજન = ૭૫.૪ × ૦.૩૧		
= <u>૨૩.૩૭૪ પૌંડ</u>		

દાખલો ૭૪—એક પોલા ખીડનાં વર્તુલાકાર સ્થંભનો બહારનો વ્યાસ ૧૦ ઈંચ અને અંદરનો વ્યાસ ૭ ઈંચ છે, તથા લંબાઈ ૨૦ ફુટ છે, તો તેનું વજન શોધો ?

પોલા વર્તુલાકાર સ્થંભનું ધનમાપ = (બહારનું ક્ષેત્રકૂળ - અંદરનું ક્ષેત્રકૂળ) × લંબાઈ.

$$\begin{aligned}
 &= (10^2 \times 0.7258 - 7^2 \times 0.7258) \times 20 \times 12 \\
 &= 0.7258 (10^2 - 7^2) \times 20 \times 12 \\
 &= 0.7258 \times 51 \times 240 \\
 &= 9413.286 \text{ ધનઈંચિ}
 \end{aligned}$$

ખીડનું વિશિષ્ટ ગુરૂત્વ ૭.૧ છે, માટે

$$\begin{aligned}
 \therefore \text{ધનઈંચિ ખીડનું વજન} &= 7.1 \times 0.36 \\
 &= 2.556 \text{ પૌંડ.}
 \end{aligned}$$

ધનઈંચિ	ધનઈંચિ	પૌંડ
૧	૯૬૧૩.૨૮૬	:: ૨.૫૫૬ : વજન
∴ વજન = ૯૬૧૩.૨૮૬ × ૨.૫૫૬		
= <u>૨૪૫૭.૧૬ પૌંડ</u>		

દાખલો ૭૫—એક ગોળાકાર પીતળની પ્લેટનો વ્યાસ ૨ ફુટ છે અને જડાઈ $\frac{3}{8}$ ઈંચિ છે, તો તેનું વજન શોધો ?

$$\begin{aligned}
 \text{ગોળાકાર પ્લેટનું ધનક્રમ} &= \text{પ્લેટનું ક્ષેત્રક્રમ} \times \text{જડાઈ} \\
 &= 24 \times 24 \times 0.7258 \times \frac{3}{8} \\
 &= 113.0806 \text{ ધન ઈંચિ}
 \end{aligned}$$

પીતલનાં પત્રાનું વિશિષ્ટ ગુરૂત્વ ૮.૪૪ છે, માટે

$$\begin{aligned}
 ૧ \text{ ઈંચિ પીતલનું વજન} &= 8.44 \times 0.36 \\
 &= 3 \text{ પૌંડ.}
 \end{aligned}$$

ધનઈંચિ	ધનઈંચિ	પૌંડ
૧	૧૧૩.૦૮૦૬	:: ૩ : વજન
∴ વજન = ૧૧૩.૦૮૦૬ × ૩		
= <u>૩૩૯.૨૪૨ પૌંડ</u>		

દાખલો ૭૬— $\frac{3}{4}$ ઈંચિ જડી અને એક ફુટ ચોરસ લોખંડની પ્લેટનું વજન કેટલું થશે ?

$$\begin{aligned}
 \text{ધનક્રમ} &= 12 \times 12 \times \frac{3}{4} \\
 &= 108 \text{ ધન ઈંચિ}
 \end{aligned}$$

૩.૬ ધન ઇંચિ લોખંડનું વજન ૧ પૌંડ થાય છે એમ આગળ નક્કી કર્યું છે, માટે

ધન ઇંચિ ધન ઇંચિ પૌંડ

૩.૬ : ૧૮ :: ૧ : વજન

$$\therefore \text{વજન} = \frac{૧૮ \times ૧}{૩.૬}$$

$$= ૫ \text{ પૌંડ}$$

નોટ—આ ઉપરથી લોખંડની પ્લેટનું વજન શોધવા માટેનો સાધારણ નિયમ નીચે પ્રમાણે ઉપજાવી શકાશે કે—લોખંડની પ્લેટનાં દરેક ચોરસ ફુટનું વજન દરેક $\frac{૧}{૪}$ ઇંચિ જાડાઈ માટે ૫ પૌંડ થાય છે.

દાખલો ૯૭—એક વરાળચેત્ર એટલે સ્ટીમ એનજીનનાં સીલીન્ડરનો વ્યાસ ૩૬ ઇંચિ છે, અને પીસ્તનનાં સ્ટ્રોકની લંબાઈ ૪ ફુટ છે, તો સ્ટ્રોકને અંતે તે સીલીન્ડરમાં સમાયેલી વરાળનું ધન માપ એટલે વોલ્યુમ શોધો? વળી બે વાતાવરણનાં દબાણની એક ધનફુટ વરાળનું વજન ૦.૩૮ પૌંડ હોય તો તે સીલીન્ડરમાં સમાયેલી વાતાવરણનાં દબાણની વરાળનું વજન શોધો?

સીલીન્ડરમાં સમાયેલી વરાળનું ધનમાપ = સીલીન્ડરનું ધનકૂળ

$$= ૩' \times ૩' \times ૦.૭૮૫૪ \times ૪'$$

$$= ૨૮.૨૭૪૪ \text{ ધનફુટ}$$

ધ.ફુ. ધનફુટ પૌંડ

૧ : ૨૮.૨૭૪૪ :: ૦.૩૮ : વજન

\therefore વજન = ૨૮.૨૭૪૪ \times ૦.૩૮

$$= ૧૦.૭૪ \text{ પૌંડ}$$

દાખલો ૯૮—એક સીંગલ એક્ટીંગ શીડ પમ્પનો વ્યાસ ૩ ઇંચ છે, અને સ્ટ્રોકની લંબાઈ ૫ ઇંચ છે, પણ તે દરેક કાર્ય કરતા સ્ટ્રોકે માત્ર પોણા (૩) ભરેલો આવે છે. જ્યારે પમ્પ દર મીનીટે ૫૦ સ્ટ્રોક કરે, ત્યારે તે એક કલાકમાં કેટલા ગેલન અને કેટલા પૌંડ પાણી બોયલરમાં આપશે?

દરેક કાર્ય કરતા સ્ટ્રોકમાં પમ્પ વડે ખેંચી આપવામાં આવતાં પાણીનું ધન માપ = પમ્પનું ધન માપ
 = ૩ × ૩ × ૭૮૫૪ × ૫
 = ૩૫૦૩૪૩ ધન ઈંચ

પણ પમ્પ પોણો ભરેલો આવે છે, માટે દરેક કાર્ય કરતા સ્ટ્રોકે પમ્પ વડે ખેંચી આપવામાં આવતાં પાણીનું ખરેખરું ધનમાપ = $\frac{૩}{૪}$ × ૩૫૦૩૪૩
 = ૨૬૦૫ ધન ઈંચ

પમ્પ સીંગલ એક્ટીંગ હોવાથી દર બે સ્ટ્રોકે એક કાર્ય કરતો સ્ટ્રોક હોય છે, માટે આ પમ્પમાં દર મીનીટે $\frac{૫૦}{૨}$ = ૨૫ કાર્ય કરતા સ્ટ્રોક છે, માટે

કાર્ય કરતો સ્ટ્રોક : કાર્ય કરતા સ્ટ્રોક : ધન ઈંચ પાણી
 ૧ : ૨૫ : : ૨૬૦૫ : ધન ઈંચ પાણી.

∴ દર મીનીટે પાણીનો જથ્થો ધન ઈંચમાં = ૨૫ × ૨૬૦૫
 = ૬૬૨૫ ધન ઈંચ.

ધન ઈંચ : ધન ઈંચ : પૈંડ પાણી
 ૧૭૨૮ : ૬૬૨૫ :: ૬૨૫ : દર મીનીટે પાણીનો જથ્થો

∴ દર મીનીટે પાણીનો જથ્થો પૈંડમાં = $\frac{૬૬૨૫ \times ૬૨૫}{૧૭૨૮}$
 = ૨૩૦૯૬ પૈંડ

મીનીટ : મીનીટ : પૈંડ
 ૧ : ૬૦ :: ૨૩૦૯૬ : ૧ કલાકમાં પાણીનો જથ્થો.

∴ એક કલાકમાં પાણીનો જથ્થો પૈંડમાં = ૬૦ × ૨૩૦૯૬
 = ૧૪૩૭૭૬ પૈંડ

” ” ” ” ગેલનમાં = $\frac{૧૪૩૭૭૬}{૧૦}$
 = ૧૪૩૭૭૬ ગેલન

દાખલો ૭૬—એક ગોળાકાર ટાંકીનો વ્યાસ ૩ ફુટ ૧ ઈંચ છે, તો તેમાં ૧૧૧ ગેલન તેલ કેટલી ઉંચાઈએ રહેશે ?

$$\begin{array}{ccc} \text{ગેલન} & & \text{ગેલન} & & \text{ધનકુટ} \\ ૬.૨૫ & : & ૧૧૧ & : : & ૧ : \text{ધનમાપ} \end{array}$$

$$\therefore \text{તેલનું ધનમાપ} = \frac{૧૧૧ \times ૧}{૬.૨૫}$$

$$= ૧૭.૭૬ \text{ ધનકુટ}$$

ટાંકીનાં તળીયાનું ક્ષેત્રફળ \times ઉંચાઈ = ધનમાપ

$$૩.૦૮૩ \times ૩.૦૮૩ \times ૦.૭૮૫૪ \times \text{ઉંચાઈ} = ૧૭.૭૬$$

$$\therefore \text{ઉંચાઈ} = \frac{૧૭.૭૬}{૩.૦૮૩ \times ૩.૦૮૩ \times ૦.૭૮૫૪}$$

$$= \underline{૨ \text{ ફુટ } ૪\frac{૧}{૨} \text{ ઇંચ}}$$

દાખલો ૮૦—એક ડબલ એક્ટીંગ પમ્પનાં પીસ્ટનનો વ્યાસ ૫ ઇંચ છે, સ્ટ્રોકની લંબાઈ ૧૦ ઇંચ અને દર મીનીટે આંટાની સંખ્યા ૧૦૦ છે. જો પમ્પ દરેક સ્ટ્રોકે ૫૦ ($\frac{૧}{૨}$) ભાગ ખાલી કાર્ય કરે, તો ૧૫૦ ટન પાણી પમ્પ કરવા માટે તે પમ્પને કેટલો વખત લાગશે ?

પમ્પ ડબલ એક્ટીંગ હોવાથી સઘળા સ્ટ્રોક કાર્ય કરતા હોય છે. ૧ મીનીટમાં પમ્પ વડે ખેંચી બહાર કાઢવામાં આવતો પાણીનો

$$\text{જથ્થો ધનકુટમાં} = \frac{૫ \times ૫ \times ૦.૭૮૫૪ \times ૧૦ \times ૧૦૦ \times ૨ \times ૩}{૪ \times ૧૭૨૮}$$

$$= ૧૭.૦૪૪૨ \text{ ધનકુટ}$$

$$૧ \text{ મીનીટમાં પાણીનો જથ્થો પૈંડમાં} = ૧૭.૦૪૪૨ \times ૬૨.૫$$

$$= ૧૦૬૫.૨૬૨૫ \text{ પૈંડ}$$

પૈંડ

પૈંડ

મીનીટ

$$૧૦૬૫.૨૬૨૫ : ૧૫૦ \times ૨૨૪૦ :: ૧ : \text{વખત}$$

$$\therefore \text{વખત} = \frac{૧૫૦ \times ૨૨૪૦ \times ૧}{૧૦૬૫.૨૬૨૫}$$

$$= ૩૧૫.૪ \text{ મીનીટ}$$

$$= \underline{૫ \text{ કલાક } ૧૫.૪ \text{ મીનીટ}}$$

દાખલો ૮૧—એક પિત્તળનાં ગોળાનો વ્યાસ ૬ ઇંચ છે, તે તેનું વજન શોધો ?

$$\begin{aligned} \text{ગોળાનું ધનકુળ} &= (\text{વ્યાસ})^3 \times 0.7854 \times \frac{2}{3} \\ &= 6 \times 6 \times 6 \times 0.7854 \times \frac{2}{3} \\ &= 113.096 \text{ ધન ઇંચ.} \end{aligned}$$

પિત્તળનું વિશિષ્ટ ગુરુત્વ ૮.૪ છે, માટે

$$\begin{aligned} \text{એક ધનઇંચ પિત્તળનું વજન} &= 8.4 \times 0.036 \\ &= 0.3 \text{ પૌંડ.} \end{aligned}$$

ધ. ઇં. ધનઇંચ પૌંડ

$$1 : 113.096 :: 0.3 : \text{વજન}$$

$$\begin{aligned} \therefore \text{વજન} &= 113.096 \times 0.3 \\ &= \underline{33.9288 \text{ પૌંડ.}} \end{aligned}$$

દાખલો ૮૨—એક એર પમ્પના પિત્તળનાં લાઈનરનો અંદરનો વ્યાસ ૨૩ ઇંચ છે; લંબાઈ ૧૭ ઇંચ છે અને પિત્તળની જડાઈ $\frac{1}{4}$ ઇંચ છે, તે તેનું વજન શોધો ?

$$\begin{aligned} \text{બહારનો વ્યાસ} &= 23 + \frac{1}{4} + \frac{1}{4} \\ &= 24 \text{ ઇંચ} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{પિત્તળની જડાઈનું ક્ષેત્રકુળ} &= \text{બહારનું ક્ષેત્રકુળ} - \text{અંદરનું ક્ષેત્રકુળ} \\ &= 24^2 \times 0.7854 - 23^2 \times 0.7854 \\ &= 0.7854 (24^2 - 23^2) \\ &= 0.7854 (476 - 529) \\ &= 0.7854 \times 47 \\ &= 36.9 \text{ ચોરસ ઇંચ.} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{લાઈનરનું ધનકુળ} &= 36.9 \times 17 \\ &= 627.3 \text{ ધનઇંચ} \end{aligned}$$

૧ ધનઇંચ પિત્તળનું વજન ૦.૩ પૌંડ થાય છે, માટે

ધનઇંચ ધનઇંચ પૌંડ

$$1 : 627.3 :: 0.3 : \text{વજન}$$

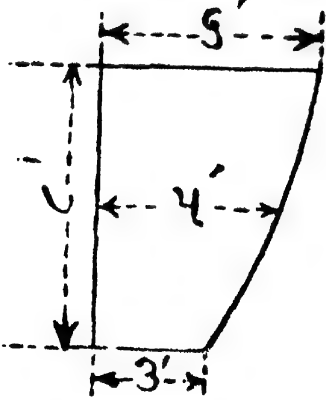
$$\begin{aligned} \therefore \text{વજન} &= \frac{૬૨૭.૩ \times .૩}{૧} \\ &= \underline{૧૮૮.૧૯} \text{ પૌંડ} \end{aligned}$$

એકસર્સાઈઝ ૧લી.

૧. એક વર્તુલનો વ્યાસ ૭ ફી ઈંચ છે, તો તેનું ક્ષેત્રફળ શોધો ?
૨. એક ધાતુની કડી (રીંગ)નો બહારનો વ્યાસ ૨૧ ઈંચ અને અંદરનો વ્યાસ ૧૯ ઈંચ છે, તો તે કડીની ધાતુનું ક્ષેત્રફળ શોધો ?
૩. એક સ્ટીમ પોર્ટની લંબાઈ ૧૦ ઈંચ અને પહોળાઈ ૧ ફી ઈંચ છે, તો તેનું ક્ષેત્રફળ શોધો ?

૪. સ્ટીમર (આગગેટ)માં કોક્સો ભરવાનાં બંડાર (એટલે અંકર bunker)નાં છેલ્લી પ્લેટની ઉંચાઈ ૨૧ ફુટ છે. તેની મથાળેની પહોળાઈ ૧૨ ફુટ અને તળીયાં આગળની પહોળાઈ ૮ ફુટ છે, તો તેનું ક્ષેત્રફળ શોધો ?

૫. આકૃતિ ૩૯માં આપેલા આકારની એક પ્લેટની લંબાઈ ૮ ફુટ છે, અને છેડેની પહોળાઈ અનુક્રમે ૬ ફુટ અને ૩ ફુટ છે, અને મધ્ય આગળની પહોળાઈ ૫ ફુટ છે, તો તેનું ક્ષેત્રફળ સીમ્પ્સનનાં નિયમ વડે શોધો ?



આકૃતિ ૩૯
વ્યાસ શોધો ?

૬. એક પીસ્તનનું ક્ષેત્રફળ ૧૦૪૬.૩૪૯૧૫ ચોરસ ઈંચ છે, તો તેની ત્રિજ્યા શોધો ?
૭. એક ગોળાકાર નળાનો પરિઘ દોરી વડે માપતાં ૩ ફી ફુટ માલમ પડ્યો, તો તેનો વ્યાસ શોધો ?

૮. એક ગોળાકાર ફરનેસ ત્યુબનો બહારનો વ્યાસ ૩ ફી ફુટ અને

લંબાઈ $૫\frac{૧}{૪}$ ફુટ છે, તો તે ત્યુબની ગરમી આપનારી સપાટી (હીટીંગ સરફેસ) ચોરસ ફુટમાં શોધો ?

૯. એક કોરનીશ બોયલરનો અંદરનો વ્યાસ ૫ ફુટ અને લંબાઈ ૧૬ ફુટ છે. ફરનેસ ત્યુબનો બહારનો વ્યાસ $૨\frac{૩}{૪}$ ફુટ છે. જો આ બોયલરમાં વરાળનું દબાણ દર ચોરસ ઇંચ દીઠ ૬૦ પૌંડ હોય, તો છેડાની બંને પ્લેટો ઉપરનું અને બોયલરનાં ભુંગળાં (shell શેલ) ઉપરનું કુલ દબાણ શોધો ?

૧૦. એક લંબગોળ ફરનેસ ત્યુબનાં વ્યાસો ૪ ફુટ અને ૩ ફુટ છે, તથા લંબાઈ ૯ ફુટ છે, તો તેની ગરમી આપનારી સપાટી (પૃષ્ઠફળ) શોધો ?

૧૧. એક લેકેશીયર બોયલરનો વ્યાસ $૭\frac{૩}{૪}$ ફુટ અને લંબાઈ ૩૦ ફુટ છે. એમાં ૩૦ ઇંચ વ્યાસની બે ફરનેસ ત્યુબો છે. આ બોયલરમાં દર ચોરસ ઇંચ દીઠ ૯૦ પૌંડનું દબાણ પ્રેશ્યોરગેજ દર્શાવે છે, તો તેની છેડાની બંને પ્લેટો ઉપરનું અને શેલ ઉપરનું કુલ દબાણ શોધો ?

૧૨. એક લંબગોળ મેન હોલ (બોયલરમાં માણસને દાખલ થવા માટેનું બાકું)નો મોટો વ્યાસ $૧૬\frac{૩}{૪}$ ઇંચ અને નાનો વ્યાસ $૧૨\frac{૩}{૪}$ ઇંચ છે, તો તે બાકુંનો પરિઘ ફુટમાં અને ક્ષેત્રફળ ચોરસ ફુટમાં શોધો ? આ બાકુંની ફરતી ધારને મજબુતી આપવા માટેની પ્લેટની કડી જોને બાકુંની ધારની બરાબર આવી રહે એમ અંદરની બાગુથી જડેલી છે તે ૪ ઇંચ પહોળી છે, તો તે કડીનો બહારનો પરિઘ અને પૃષ્ઠફળ શોધો ?

૧૩. એક વરાળચંત્ર એટલે સ્ટીમ એનજીનનાં સીલીન્ડર કવરને ૧૨ સ્ટડ વડે સીલીન્ડરનાં છેડા ઉપર સજ્જડ કરવામાં આવે છે. સીલીન્ડરનો અંદરનો વ્યાસ ૧૦ ઇંચ છે, અને સીલીન્ડરનાં છેડાની અંદરની ધારથી સ્ટડનાં મધ્યો વચ્ચેનું અંતર ૧૦.૪૬ ઇંચ છે, તો તે સ્ટડો કેટલા ઇંચનાં પીચે ગોઠવેલા હશે, એટલે પીચ સર્કલ ઉપર સ્ટડોનાં મધ્યો વચ્ચેનું અંતર કેટલું હશે ?

૧૪. એક ટાંકી ૧૫ ફુટ લાંબી, ૩ ફુટ પહોળી, અને ૨ $\frac{૩}{૪}$ ફુટ ઉંડી છે, તો તેમાં કેટલા ગેલન અને કેટલા પૌંડ મીઠું પાણી સમાઈ શકશે ?

૧૫. ૧૦૦ ગેલન તેલનું વજન અને ધનમાપ શોધો ?

૧૬. એ લોખંડની ગોળાકાર પ્લેટનો વ્યાસ ૩ ફુટ અને જડાઈ $\frac{૧૩}{૬૬}$ ઇંચ છે, તો તેનું વજન શોધો ?

૧૭. એક ટાંકી ૧૦ ફુટ લાંબી, ૬ ફુટ પહોળી, અને ૬ ફુટ ઉંચી છે, તો દર ચોરસ ફુટ દીઠ ત્રણ આનાના ભાવે તે ટાંકીની ચારે બાજુ, મથાણું તથા તળીયાંની બહારની સપાટી ઉપર રંગ લગાડવાની શી કીંમત પડશે ?

૧૮. એક ત્રિકોણનો પાયો ૨ $\frac{૩}{૪}$ ફુટ છે, અને લંબ ઉચાઈ પણ ૨ $\frac{૩}{૪}$ ફુટ છે, તો તેનું ક્ષેત્રફળ ચોરસ ફુટ અને ચોરસ ઇંચમાં શોધો ?

૧૯. એક એન્ટી પ્રાઈમીંગ પાઈપનો વ્યાસ ૧૧ ઇંચ છે, અને તે ઉપર ૧૨ ઇંચ લાંબા અને $\frac{૩}{૪}$ ઇંચ પહોળા ગાળા (લંબચોરસ વેહો) છે, તો તે પાઈપનાં છેદચિત્ર (સેક્શન)નાં બમણાં ક્ષેત્રફળની બરાબરનું ગાળાઓનું કુલ ક્ષેત્રફળ કરવા માટે પાઈપ ઉપર કેટલા ગાળા ગ્રામ્પવા બનેઈશે ?

૨૦. એક અંગલ આયરનનો ૩૦ ફુટ લાંબો ટુકડો ૩"×૩"× $\frac{૩}{૪}$ "નાં માપનો છે, તો તેનાં ખુણાની ગોળાઈ ધ્યાનમાં લેતાં તેનું વજન કેટલું હશે ?

૨૧. એક મંદ્રી વાલ્વનું ખીડનું ગોળાકાર વજન ૮૦ પૌંડનું છે. જો તે વજનની જડાઈ $\frac{૧૩}{૬૬}$ ઇંચ હોય તો તેનો વ્યાસ કેટલો હશે ?

૨૨. સીસાનાં એક નક્કર પિરામિડનાં ચોરસ તળીયાંની ધાર ૪ ઇંચ લાંબી છે, અને લંબ ઉચાઈ ૮ ઇંચ છે, તો તેનું વજન શોધો ?

૨૩. એક ખીડની પાઈપનો અંદરનો વ્યાસ ૩ ઇંચ છે, લંબાઈ ૬ ફુટ, અને ધાતુની જડાઈ $\frac{૩}{૪}$ ઇંચ છે. તેને બંને છેડે ૭ $\frac{૩}{૪}$ ઇંચ વ્યાસની અને $\frac{૩}{૪}$ ઇંચ જડાઈ ફ્લેન્જ છે, તો તેનું વજન નક્કી કરો ?

૨૪. એક સ્ટીમ એનજીન એટલે વરાળચંત્રનાં સીલીન્ડરનો વ્યાસ ૬૦ ઇંચ છે. વરાળને સ્ટ્રોકનાં એક ફુટે કટ-ઓફ કરવામાં આવે છે

(એટલે સ્ટ્રોકની શરૂઆતથી પીસ્તન એક ડ્રટ જેટલું અંતર ચાલ્યા પછી સીલીન્ડરમાં વરાળને દાબલ થવાનો માર્ગ બંધ કરવામાં આવે છે). જો એનજીન દર મીનીટે ૯૦ સ્ટ્રોક કરે તો તે એનજીનમાં દર મીનીટે કેટલા ધનડ્રટ વરાળ જોઈશે ?

૨૫. એક મલ્ટીત્યુબ્યુલર બોયલરમાં ૨ $\frac{૩}{૪}$ ઈંચ વ્યાસની અને ૧૦ ડ્રટ લાંબી ૧૪૦ ત્યુબ (નળીઓ) છે, તો તે નળીઓની કુલ હીટીંગ સરફેસ (ગરમી આપનારી સપાટી) શોધો ?

૨૬. એક ટાંકી ૧૨ ડ્રટ લાંબી, ૫ ડ્રટ પહોળી અને ૫ ડ્રટ ઉંડી છે, તો તેમાં કેટલા પૌંડ અને ગેલન મીઠું પાણી સમાઈ શકશે ?

૨૭. ૧૩૫૦ ગેલન મીઠું (પીવાનું) પાણી સમાઈ શકે એટલા કદની એક ધન ટાંકી (ક્યુબીકલ ટૅક) બનાવવી છે, તો તેનાં માપો નક્કી કરો ?

૨૮. એક ટાંકી ૪ ડ્રટ લાંબી, ૩ ડ્રટ પહોળી અને ૧ $\frac{૩}{૪}$ ડ્રટ ઉંડી છે, તો તેમાં કેટલા ગેલન અને કેટલા પૌંડ તેલ સમાઈ શકશે ?

૨૯. એક નળાકાર ટાંકીનો વ્યાસ ૪ ડ્રટ અને ઉંચાઈ ૧૦ ડ્રટ છે, તો તેમાં કેટલા પૌંડ અને કેટલા ગેલન મીઠું પાણી સમાઈ શકશે ?

૩૦. એક નળાકાર ટાંકીનો વ્યાસ ૫ $\frac{૩}{૪}$ ડ્રટ છે, તો તેમાં ૧૯૨૦ ગેલન તેલ સમાવવા માટે તેની ઉંચાઈ કેટલી જોઈશે ?

૩૧. કોલસાનો એક સીચેસો ઢગ ૧૮ ડ્રટ લાંબો, ૧૨ ડ્રટ પહોળો, અને ૫ $\frac{૩}{૪}$ ડ્રટ ઉંચો છે. જો એક ટન કોલસાનું ધનમાપ ૪૫ ડ્રટ હોય તો તે ઢગમાં કેટલા ટન કોલસો લશે ?

૩૨. એક ખીડનાં ગોળાનો વ્યાસ ૧૦ ઈંચ છે, તો તેનું વજન કેટલું લશે ?

૩૩. એક બાલદી (બકેટ)નો મથાળેનો વ્યાસ ૩ ડ્રટ અને તળીયેનો વ્યાસ ૨ ડ્રટ છે, અને લંબ ઉંચાઈ ૧૩ ઈંચ છે, તો તેમાં કેટલા ગેલન પાણી સમાઈ શકશે ?

૩૪. માઈડ સ્ટીલની એક શાફ્ટનો વ્યાસ ૨ $\frac{૧}{૨}$ ઈંચ છે, અને લંબાઈ ૨૦ ફુટ છે, તો તેનું વજન શોધો ?

૩૫. એક ટી (T) આકારનાં માથાંવાળા ઘડતર લોદાનાં પીસ્તન રોડનો વ્યાસ ૮ ઈંચ છે, અને માથાં સાથની આખી લંબાઈ ૧૧ $\frac{૩}{૪}$ ફુટ છે; ટી માથાંની લંબાઈ ૨૮ ઈંચ, પહોળાઈ ૧૦ ઈંચ અને જાડાઈ ૪ ઈંચ છે, તો તે પીસ્તનરોડનું વજન શોધો ?

૩૬. એર પમ્પનાં પિત્તળનાં લાઈનરનો અંદરનો વ્યાસ ૨૪ ઈંચ, લંબાઈ ૨૪ ઈંચ, અને ધાતુની જાડાઈ $\frac{૫}{૮}$ ઈંચ છે, તો તેનું વજન શોધો ?

૩૭. સ્ટીમરની ઘડતર લોદાની ટનલ શાફ્ટને બંને છેડે કપ્લીંગની ફ્લેન્જ ઘડીને બનાવેલી છે. આ શાફ્ટનો વ્યાસ ૧૧ ઈંચ અને ફ્લેન્જો સાથની આખી લંબાઈ ૨૦ $\frac{૩}{૪}$ ફુટ છે. દરેક કપ્લીંગ-ફ્લેન્જનો વ્યાસ ૨૨ ઈંચ અને જાડાઈ ૪ ઈંચ છે, તો તેનું વજન શોધો ?

૩૮. જે ઉપલા દાખલામાં દરેક કપ્લીંગ-ફ્લેન્જમાં બોલ્ટ માટેનાં ૨ $\frac{૧}{૨}$ ઈંચ વ્યાસના ૮ વેહો આપેલા હોય, તો તે શાફ્ટનું વજન કેટલું હશે ?

૩૯. એક લાકડાંની ટાંકી જેનાં અંદરનાં માપો ૬ ફુટ લંબાઈ ૪ ફુટ પહોળાઈ અને ૩ ફુટ ઉંડાઈ છે, તેને અંદરની બામુએ $\frac{૧}{૪}$ ઈંચ જાડાં સીસાનાં પત્રાંનું પડ કરવાનું છે, તો આ કામ માટે જોઈતાં સીસાનાં પત્રાંનું વજન શોધો ?

૪૦. એક સીંગલ એક્ટીંગ વર્ટીકલ (ઉભા) ડોન્કી પમ્પ જે બોયલરનાં ફીડ પમ્પ તરીકે વપરાય છે તેનો વ્યાસ ૪ ઈંચ, અને સ્ટ્રોકની લંબાઈ ૧૪ ઈંચ છે; પણ તે દરેક સ્ટ્રોકે પોણો ($\frac{૩}{૪}$) ભરંજો આવે છે. જ્યારે આ પમ્પ દર મીનિટે ૭૨ આંટાની ઝડપે ચાલે ત્યારે તે એક કલાકમાં કેટલા ગેલન અને કેટલા પૌંડ મીઠું પાણી બોયલરમાં આપશે ?

૪૧. એક ટાંકી જેની લંબાઈ ૩૮ ફુટ, પહોળાઈ ૨૨ ફુટ અને ઉંડાઈ ૪ ફુટ છે તેને એક ડબલ એક્ટીંગ પમ્પ વડે ભરવામાં આવે છે. પમ્પનાં પીસ્ટનનો વ્યાસ ૮ ઇંચ છે, સ્ટ્રોકની લંબાઈ ૧૨ ઇંચ અને દર મીનીટે આંટાની સંખ્યા ૮૫ છે. જો પમ્પ દર સ્ટ્રોકે ૧૨ ટકા ખાલી કાર્ય કરે, તો તે ટાંકીને ભરવા માટે કેટલો વખત લાગશે?

પ્રકરણ રજું

જ્વેર, પ્રકૃતિ (મેટર), વિશિષ્ટ ગુરૂત્વ, વજન.

ક્રિયાગત યંત્રશાસ્ત્ર (એપ્લાઇડ મીકેનીક્સ **Applied Mechanics**)—આપણને જ્વેર (force)નાં અને પદાર્થ (matter) ઉપર થતી તેની અસરોનાં નીયમો સમજાવે છે કે જે નીયમો મનુષ્યકળાનાં કામોને લાગુ પડે છે. એ શાસ્ત્રની એક શાખા છે કે જે યંત્રોને કેવી રીતે યોજવામાં અને બનાવવામાં આવે છે અને તેઓ કેવી રીતે કાર્ય કરે છે તે સમજાવે છે, તેમજ તેમની બનાવટ અને ઉપયોગનાં વર્ણન આપે છે; વળી તે યંત્રોનાં જ્વેર અને કાર્યસાધકત્વની ગણતરી અને કસોટી કેવી રીતે કરવી તે શીખવે છે.

ક્રિયાગત યંત્રશાસ્ત્રને ત્રણ મુખ્ય શાખાઓમાં વહેંચવામાં આવી છે:—(૧) સ્ટેટીક્સ એટલે સ્થિતિશાસ્ત્ર, (૨) ડાયનેમીક્સ એટલે ગતિશાસ્ત્ર, અને (૩) હાઇડ્રોસ્ટીક્સ એટલે ઉદ્દકશાસ્ત્ર અથવા જળશાસ્ત્ર.

સ્ટેટીક્સ એટલે સ્થિતિશાસ્ત્ર—જે જ્વેરો (forces) પદાર્થો અને બાંધકામો (structures) ઉપર કાર્ય કરી તેમાં ગતિ ઉત્પન્ન કરતા નથી, પણ તેને બદલે સ્ટ્રેન્સ (strains) અને સ્ટ્રેસીસ (stresses) ઉત્પન્ન કરે છે તેવા કૌસીસને લગતો અભ્યાસ સ્ટેટીક્સ શીખવે છે.

ડાયનેમીક્સ એટલે ગતિશાસ્ત્ર—જે જોર (forces) પદાર્થો અને બાંધકામો (structures) ઉપર કાર્ય કરી તેમાં ગતિ ઉત્પન્ન કરે છે તેવા ફોર્સીસને લગતી સમજણ ડાયનેમીક્સ આપે છે.

હાઇડ્રોસ્ટેટીક્સ એટલે ઉદ્દકશાસ્ત્ર અથવા જળશાસ્ત્ર—એમાં હાઇડ્રોસ્ટેટીક્સ એટલે ઉદ્દકસ્થિતિશાસ્ત્ર અને હાઇડ્રોડાયનેમીક્સ અથવા હાઇડ્રોડાયનેટીક્સ એટલે વહમાન ઉદ્દકશાસ્ત્ર અથવા ચલજ જળશાસ્ત્રનો સમાવેશ થાય છે. સ્થાઈ પ્રવાહીનાં દબાણો અને સમતોલપણને લગતો અભ્યાસ હાઇડ્રોસ્ટેટીક્સ (hydrostatics) શીખવે છે, જ્યારે ગતિવાળા પ્રવાહીને લગતી બાબત હાઇડ્રોડાયનેમીક્સ (hydrodynamics) સમજાવે છે. એમાં પાઈપોની અંદર, અને વેહો અને રેમ્સમાંથી પાણી અથવા બીજા પ્રવાહીઓનાં પ્રવાહને લગતા તથા પ્રવાહીનાં ઘર્ષણ, વીગેરેને લગતા દાખલાઓ અને પ્રશ્નોનો સમાવેશ થાય છે.

જોર (force)—જોર (force) એ એક કારણ છે, જે પદાર્થ (matter)માં ગતિ ઉત્પન્ન કરે છે અથવા ઉત્પન્ન કરવાનું વલણ કરે છે, અથવા પદાર્થની ગતિ બદલે છે અથવા બદલવાનું વલણ કરે છે.

પ્રકૃતિ (મેટર matter)—પ્રકૃતિ (matter) એ કોઈપણ ચીજ છે કે જેનું આપણને ઈંદ્રિયદ્વારે જ્ઞાન થાય, અને ફોર્સ એટલે જોર વડે તે ઉપર કાર્ય થઈ શકે. મેટર ઘણા જુદા રૂપોમાં હયાત હોય છે અને તેને વારંવાર એક રૂપમાંથી બીજા રૂપમાં ફેરવી શકાય છે, પણ મનુષ્ય તેને ઉત્પન્ન કરી શકતો નથી કે તેનો નાશ કરી શકતો નથી. મેટર હમેશાં જગ્યા રોકે છે, અને મેટરનો આપેલો ટુકડો જે અમુક પરિમિત જગ્યા રોકે છે તેને બોદી (body) એટલે અંગ કહેવામાં આવે છે.

મેટર (matter) ત્રણ રૂપમાં હયાતી ભોગવે છે : (૧) નક્કર, (૨) પ્રવાહી, અને (૩) વાયુ. દાખલા તરીકે, લાકડાનો ટુકડો, લોખંડો

દુકડો, વીજેરે નક્કર છે, અને પારો (mercury) એ પ્રવાહી છે, જ્યારે હવા અને ઓક્સીજન (oxygen) એ વાયુ છે.

જ્યારે પદાર્થની ગતિને નડતો અવરોધ (resistance) લાગુ પાડેલાં જોર (force) કરતાં વધુ હોય કે જેથી કાંઈ પણ ગતિ ઉત્પન્ન થાય નહીં તે તે પદાર્થ દબાણ (pressure) માં આવ્યો છે એમ કહેવાય છે.

જોરનો એકમ (unit of force)—ગ્રેટ બ્રીટનમાં ધારણ કરેલો જોરનો એકમ એક પૌંડ (pound=lb.) વજન એવરડુપોઈસ છે, જેને ગુરૂત્વાકર્ષણનો એકમ (gravitation unit) અથવા એનજીનીયરનો એકમ (engineer's unit) પણ કહે છે; જે ગ્રેટ બ્રીટનની સરકારી તીજેરીખાતાં (Exchequer)ની ઓપીસમાં જાળવી રાખેલા પ્લેટીનમ ધાતુનાં અમુક જથ્થામાં સમાયેલો પ્રકૃતિ એટલે મેટરનો જથ્થો છે. આ જથ્થાને એક પૌંડ (રતલ) કહેવામાં આવે છે.

જ્યારે એ આપેલા પદાર્થો (bodies) જુદી વસ્તુઓ (materials)નાં હોય, પણ તેમનું કદ અથવા ઘનમાપ એક સરખું હોય ત્યારે તેઓ પ્રકૃતિ એટલે મેટર (matter)નાં જુદા જથ્થા ધરાવતા માત્રમ પડે છે. જે પદાર્થમાં વધારે જથ્થો સમાયેલો હોય છે તે બીજા કરતાં વધુ ઘટ છે એમ કહેવામાં આવે છે. પદાર્થનું ઘટપણું અથવા સાંદ્રતા (density) તેનાં એક ઘન એકમમાં સમાયેલા પદાર્થ (matter અથવા mass)નાં જથ્થા વડે દર્શાવવામાં આવે છે. દાખલા તરીકે પાણીનું ઘટપણું અથવા સાંદ્રતા લગભગ ૬૨.૫ છે, એટલે એક ઘન ટ્રટ પાણીમાં ૬૨.૫ પૌંડ જથ્થો સમાયેલો છે તેજ પ્રમાણે લોખંડનું સાંદ્રતા ૪૮૦ છે.

વિશિષ્ટ સાંદ્રતા (Specific density)—પદાર્થની વિશિષ્ટ સાંદ્રતા એ તે પદાર્થનાં અમુક ઘનમાપ (volume)માં પદાર્થનો જે જથ્થો સમાયેલો છે તે જથ્થાને તેટલાજ ઘનમાપનાં પાણીમાં સમાયેલા જથ્થા સાથે સરખાવતાં જે પ્રમાણુ આવે તે છે. એમાં ધોરણુ પદાર્થ

તરીકે પાણી લેવામાં આવ્યું છે જેની વિશિષ્ટ સાંદ્રતા એક છે. દાખલા તરીકે લોખંડની વિશિષ્ટ સાંદ્રતા ૭.૭ છે, એટલે જે પાણીનાં અમુક ધનમાપમાં એક પાંડ જથ્થો સમાયલો હોય તે લોખંડનાં તેટલાજ ધનમાપમાં ૭.૭ પાંડ જથ્થો સમાયલો છે.

આપણને સૌથી વધુ જાણીતો ફોર્સ એ વજન (weight) છે, જે સઘળાં પદાર્થો (bodies)ને હોય છે. વજન ગુરૂત્વાકર્ષણને લીધે હોય છે. પૃથ્વી પોતાની આસપાસનાં સઘળા પદાર્થોને પોતાનાં મધ્યખિંદુ તરફ ખેંચે છે, અને આ ખેંચાણ જેને ગુરૂત્વાકર્ષણ (gravity) કહેવામાં આવે છે તે પૃથ્વીની સપાટીને લંબ (perpendicular) અથવા કાટખૂણે હોય છે. વજન એ પૃથ્વીનાં મધ્યખિંદુથી પદાર્થનાં મધ્ય સુધીનાં અંતરનાં વર્ગનાં ઉલટા પ્રમાણમાં છે, તેટલા માટે આ અંતરમાં થયેલો ફેરફાર પદાર્થનાં વજનમાં પણ ફેરફાર કરે છે. દાખલા તરીકે, આપેલા પદાર્થનું વજન પહાડનાં મથાળાં ઉપર દરીઆની સપાટી આગળનાં વજન કરતાં ઓછું હોય છે.

વળી પૃથ્વી સંપૂર્ણ ગોળાકાર નથી, પણ ધ્રુવ (poles) તરફ ચપટી થયેલી હોય છે. આ કારણને લીધે ધ્રુવ નજદીક દરીઆની સપાટીએ આવેલો પદાર્થ વિષુવવૃત્ત (equator) નજદીકનાં પદાર્થ કરતાં પૃથ્વીનાં મધ્યને વધુ નજદીક છે, તેટલા માટે પદાર્થનું વજન વિષુવવૃત્તની નજદીકનાં કરતાં ધ્રુવ આગળ વધુ હોય છે. વળી પૃથ્વીનાં તેની ધરી ઉપર ગોળ ફરવાને લીધે થતી અસરનાં કારણે પદાર્થનાં વજનમાં દેખીતો ફરક માલમ પડે છે, તેથી પદાર્થનું વજન વિષુવવૃત્ત કરતાં ધ્રુવ આગળ વધુ હોય છે. તોપણ આ ફેરફારો એટલા બધાં તો ઓછા છે કે તે ધ્યાનમાં લેવામાં આવતા નથી.

ન્યારે જે આપેલી વસ્તુઓ (bodies) જુદા પદાર્થોની બનેલી હોય, પણ તેમનાં કદ અથવા ધનમાપ (volume) એકજ સરખાં હોય ત્યારે જે વસ્તુમાં પદાર્થનો વધુ જથ્થો સમાયલો હોય તે ખીજી

વસ્તુ કરતાં વજનમાં ભારે હોય છે, કારણ કે ગુરૂત્વાકર્ષણ વસ્તુની અંદર સમાયત્તા જથ્થા અથવા આણુઓનાં પ્રમાણમાં હોય છે.

વિશિષ્ટ ગુરૂત્વ (Specific gravity)—વસ્તુ (body)નું વિશિષ્ટ ગુરૂત્વ એ તે વસ્તુનાં અમુક કદ અથવા ઘનમાપ (volume)માં પદાર્થનું જે વજન સમાયલું છે તે વજનને તેટલાજ ઘનમાપનાં પાણીમાં સમાયત્તાં વજન સાથે સરખાવતાં જે પ્રમાણ આવે તે છે. એમાં ધોરણ વસ્તુ (standard body) તરીકે પાણી લેવામાં આવ્યું છે, અને તેનું વિશિષ્ટ ગુરૂત્વ એક છે. દાખલા તરીકે, લોહનું વિશિષ્ટ ગુરૂત્વ ૭.૭ છે એટલે અમુક ઘનમાપનાં પાણીનું વજન એક પૌંડ હોય તો તેટલાજ ઘનમાપનાં લોહનું વજન ૭.૭ પૌંડ છે. એજ પ્રમાણે બીજી વસ્તુઓનાં વિશિષ્ટ ગુરૂત્વ માટે સમજવું.

એમ માત્રમ પડશે કે એક વસ્તુનાં વિશિષ્ટ ગુરૂત્વ માટે જે આંકડો હોય તેજ આંકડો તે વસ્તુનાં વિશિષ્ટ સાંદ્રતા માટે હશે. પણ વિશિષ્ટ ગુરૂત્વ વજનને લાગુ પડે છે જ્યારે વિશિષ્ટ સાંદ્રતા પદાર્થ (matter)નાં જથ્થાને લાગુ પડે છે. એનજીનીયરીંગ કામમાં વસ્તુઓનાં વિશિષ્ટ ગુરૂત્વ ૬૦° Fનાં ઉષ્મમાને (ટેમ્પરેચરે) માપવામાં આવે છે.

વિશિષ્ટ ગુરૂત્વ શોધવાની રીત—જે વસ્તુનું વિશિષ્ટ ગુરૂત્વ શોધવું હોય તે વસ્તુને પહેલાં હવામાં તોલી તેનું વજન નોંધી લઈ ત્યારપછી તેને પાણીમાં દુબાડી તેનું વજન કરી તે નોંધી લઈ નીચે પ્રમાણેની રીતે વિશિષ્ટ ગુરૂત્વ નક્કી કરવું:—ધારો કે $W =$ હવામાં વસ્તુનું વજન, અને $w =$ પાણીમાં વસ્તુનું વજન, ત્યારે—

$$\text{વિશિષ્ટ ગુરૂત્વ} = \frac{W}{W - w}$$

જે પાણી કરતાં વસ્તુ વજનમાં હલકી હોય તો તે ઉપર ભારે પદાર્થ મુકી તેને પાણીમાં દુબાડી વજન કરવું એટલે તે વસ્તુનું પાણીમાંનું વજન w આવશે

એનજીનીયરીંગ કામમાં આવતા પદાર્થોના વિશિષ્ટ ગુણત્વ અને વજનોનો કોઠો.

પદાર્થનું નામ	વિશિષ્ટ ગુણત્વ	વ.દરઘ.કુ. દીઠ પૌંડમાં	વ.દરઘ.ઈ દીઠ પૌંડમાં
ઘડતર લોહ (wrought iron) સરેરાસ	૭.૭	૪૮૧.૨૫	•૨૮
ખીડ (cast iron) સરેરાસ	૭.૧	૬૫૦	•૨૬
પોલાદ નરમ (steel mild)	૭.૮	૪૮૬.૨૫	•૨૮૪
પોલાદ સખત (steel tempered)	૮.૦	૬૫૯	•૨૮૮
ત્રાંબુ, એતેલું (copper, cast)	૮.૬૦૭	૫૩૭.૩	•૩૧
ત્રાંબુ, પત્રું (copper sheet)	૮.૭૮	૫૪૮.૧	•૩૧૬
પિત્તળ, એતેલું (brass, cast)	૮.૪	૫૨૪.૩૭	•૩૦
પિત્તળ, પત્રું (brass sheet)	૮.૪૪	૫૨૬.૮૬	•૩૦૧
ગનમટલ (gun metal)	૮.૪૬	૫૨૮.૭૫	•૩૦૬
એલ્યુમીનીયમ, એતેલું (aluminium, cast)	૨.૫૬	૧૫૯.૮	•૦૯૨
એલ્યુમીનીયમ, પત્રું (aluminium sheet)	૨.૬૭	૧૬૬.૬	•૦૯૬
એન્ટીમની (antimony)	૬.૭૨	૪૧૯.૫	•૨૪૨
પારો (mercury)	૧૩.૫૯૬	૮૪૮.૭૫	•૪૯૧૧૭
પ્લેટીનમ (platinum)	૨૧.૫૩૧	૧૩૪૩.૯	•૭૭૫
બીસ્મથ (bismuth)	૯.૮૨	૬૧૩.૧	•૩૫૩
ઝસત (zinc)	૭.૦	૪૩૭	•૨૫૨
કલ્પાઈ (tin)	૭.૨૯૧	૪૫૫.૧	•૨૬૨
સીસું (lead)	૧૧.૪	૭૧૧.૬	•૪૧
મીઠું પાણી (fresh water)	૧.૦	૬૨.૫	•૦૩૬
ખારું પાણી (sea water)	૧.૦૨૪	૬૪	•૦૩૭
સાગનું લાકડું (teak)	•૭૪	૪૬	•૦૨૬
ઓકનું " (oak)	•૮૬	૫૪	•૦૩૧
કોલસો (steam coal)	૧.૩	૮૧.૨૫	•૦૪૭
કોક (coke) સરેરાસ	૦.૭૩	૪૫.૬	•૦૨૬
તેલ (oil)	૦.૯૨	૫૭.૫	•૦૩૩
વાતાવરણનાં દબાણની વરાળ	૦.૦૦૦૬૧	•૦૩૮	•૦૦૦૦૨૨

જેર, પ્રકૃતિ (મિટર), વિશિષ્ટ ગુરૂત્વ, વજન ૬૫

પદાર્થોનાં વજનો શોધવાની રીત—કોઈપણ પદાર્થનાં એક ધનપ્રુટનું વજન શોધવું હોય તો તે પદાર્થનાં વિશિષ્ટ ગુરૂત્વને એક ધનપ્રુટ મીઠાં પાણીનાં વજન ૬૨.૫ પૌંડ વડે ગુણવા; અથવા કોઈ પણ પદાર્થનાં એક ધન ઈંચિનું વજન શોધવું હોય તો તે પદાર્થનાં વિશિષ્ટ ગુરૂત્વને એક ધન ઈંચ મીઠાં પાણીનાં વજન ૦.૦૩૬ પૌંડ વડે ગુણવા.

દાખલો ૧—એક સાદી ઘડતર લોઢાંની શાફ્ટનો વ્યાસ ૬ ઈંચિ છે, અને લંબાઈ ૧૨ પ્રુટ છે તો તેનું વજન કેટલું થશે ?

$$\begin{aligned} \text{શાફ્ટનું ધનમાપ} &= d^2 \times .૭૮૫૪ \times l \\ &= .૫' \times .૫' \times .૭૮૫૪ \times ૧૨' \\ &= ૨.૩૫૬૨ \text{ ધનપ્રુટ} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{એક ધનપ્રુટ ઘડતર લોઢાંનું વજન} &= \text{તેનું વિશિષ્ટ ગુરૂત્વ} \times ૬૨.૫ \\ &= ૭.૭ \times ૬૨.૫ \\ &= ૪૮૧.૨૫ \text{ પૌંડ} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \therefore \text{શાફ્ટનું વજન} &= ૨.૩૫૬૨ \times ૪૮૧.૨૫ \\ &= \underline{૧૧૩૩.૮૨} \text{ પૌંડ.} \end{aligned}$$

દાખલો ૨—એર પમ્પનાં પિત્તળનાં લાઈનરનો અંદરનો વ્યાસ ૨૩ ઈંચિ, અને લંબાઈ ૧૭ ઈંચિ છે. તેની ધાતુની જડાઈ $\frac{3}{8}$ ઈંચ છે, તો તેનું વજન કેટલું હશે ?

$$\text{લાઈનરનો બહારનો વ્યાસ} = ૨૩ + \frac{3}{8} + \frac{3}{8} = ૨૪ \text{ ઈંચિ.}$$

$$\begin{aligned} \text{લાઈનરની ધાતુની કડીનું ક્ષેત્રફળ} &= \text{બહારનું ક્ષેત્રફળ} - \text{અંદરનું ક્ષેત્રફળ} \\ &= (૨૪^2 \times .૭૮૫૪) - (૨૩^2 \times .૭૮૫૪) \\ &= .૭૮૫૪ (૨૪^2 - ૨૩^2) \\ &= ૩૬.૯ \text{ ચોરસ ઈંચિ.} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{લાઈનરનું ધાતુનું ધનમાપ} &= \text{ધાતુની કડીનું ક્ષેત્રફળ} \times \text{લંબાઈ} \\ &= ૩૬.૯ \times ૧૭ \\ &= ૬૨૭.૩ \text{ ધન ઈંચિ} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{પિત્તળનાં એક ધન ઈંચિનું વજન} &= \text{પિત્તળનું વિશિષ્ટ ગુરૂત્વ} \times ૬૨.૫ \\ &= ૮.૪ \times ૦.૦૩૬ \\ &= .૩ \text{ પૌંડ} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{લાઈનરની વજન} &= ૬૨૭.૩ \times .૩ \\ &= \underline{૧૮૮૧.૯} \text{ પૌંડ.} \end{aligned}$$

પ્રકરણ ૩૦

સીધી લીટીમાં કાર્ય કરતાં જોરો, કાર્ય અને પ્રતિકાર્ય.

જ્યારે એક વસ્તુ ઉપર જોર (force) કાર્ય કરે છે ત્યારે તેની અસર સંપૂર્ણ રીતે નક્કી કરવા માટે આપણને નીચલી વિગતો જાણવી જોઈએ :—(૧) જોરને જે જગ્યા અથવા બિંદુએ લાગુ પાડ્યો હોય તે જગ્યા અથવા બિંદુ, (૨) જે દીશામાં તે જોર કાર્ય કરે છે તે દીશા, (૩) તે જોરની અત્યંતતા (magnitude), અને (૪) તેની જાત (sense) એટલે લાગુ પાડવાનાં બિંદુ આગળ તે જોર ખેંચાણનું છે કે હડસેલવાનું છે તે.

(૧) જોરને લાગુ પાડવાની જગ્યા અથવા બિંદુ—એક પદાર્થ ઉપર કાર્ય કરતા ગુરૂત્વનાં જોરની બાબદમાં તે જોરને લાગુ પાડવાની જગ્યા, એ તે પદાર્થનો આખો જથ્થો તે જગ્યા ઉપર લઈ શકાય, અથવા તો તે પદાર્થનું આખું વજન એક બિંદુ આગળ સંકેન્દ્રિત થયેલું છે એમ માની લેવાય, કે જે બિંદુને “ ગુરૂત્વ મધ્યબિંદુ ” કહેવામાં આવે છે. જ્યારે એક ફેલાયેલી સપાટી ઉપર દબાણ કાર્ય કરે કે જેમાં પ્રવાહીથી ભરેલી ટાંકીની બાબદમાં અથવા તો એનજીનનાં પીસ્ટન કે જે ઉપર ગેસ અથવા વરાળનું દબાણ કાર્ય કરે છે તેની બાબદમાં દબાણમાં આવતાં આખા ક્ષેત્રફળને જોર લાગુ પાડવાની જગ્યા લઈ શકાય. જ્યારે એક પદાર્થને દોરડાંની મદદ વડે ખેંચવામાં આવે અથવા સળીયા વડે હડસેલવામાં આવે ત્યારે જોર એક બિંદુ આગળ કાર્ય કરે છે એમ વિચારી શકાય.

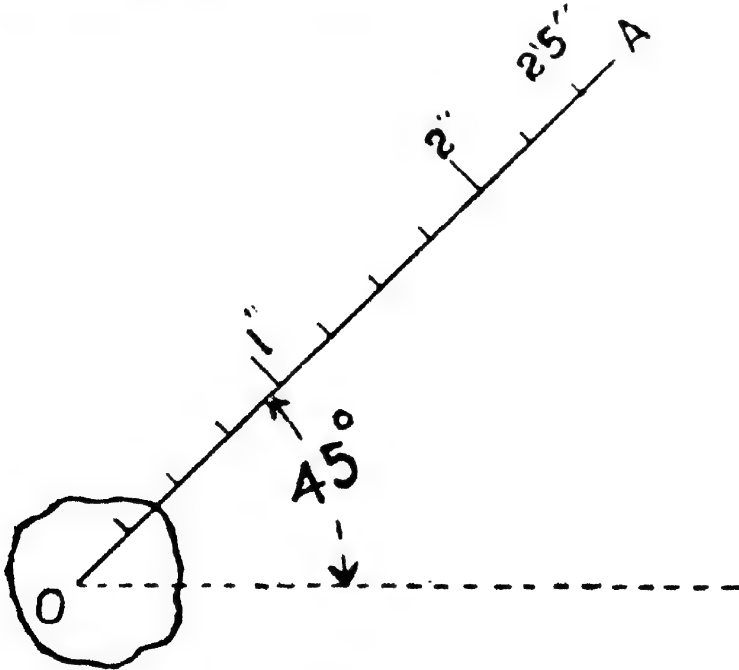
સીધી લીટીમાં કાર્ય કરતાં જોરો, કાર્ય અને પ્રતિકાર્ય ૬૭

(૨) જોરની દીશા—જોરની દીશા, એ જે પદાર્થ ઉપર તે જોર કાર્ય કરે છે તે પદાર્થને જે લીટી અથવા માર્ગમાં ખસેડવાનું વલણ કરે છે તે લીટી અથવા માર્ગ.

(૩) જોરની અત્યંતતા (magnitude અથવા intensity)—જોરની અત્યંતતા, એ તે જોર જેટલા પૌંડ ખંચાણુ યા દબાણુથી પદાર્થ ઉપર કાર્ય કરે છે તેટલા પૌંડ છે.

(૪) જોરની જાત (senses)—જે પદાર્થ ઉપર જોર કાર્ય કરે છે તે પદાર્થ ઉપર તે હડસેલવાનું કે ખંચવાનું જોર કરે છે તે.

જોરને રેખાથી લખીને દર્શાવવાની રીત (Method of graphic representation of forces)—જ્યારે જોર એક પદાર્થ ઉપર એક બિંદુ આગળ કાર્ય કરે ત્યારે તેને રેખા વડે લખીને નીચે પ્રમાણે દર્શાવી શકાય:—



આકૃતિ ૪૦

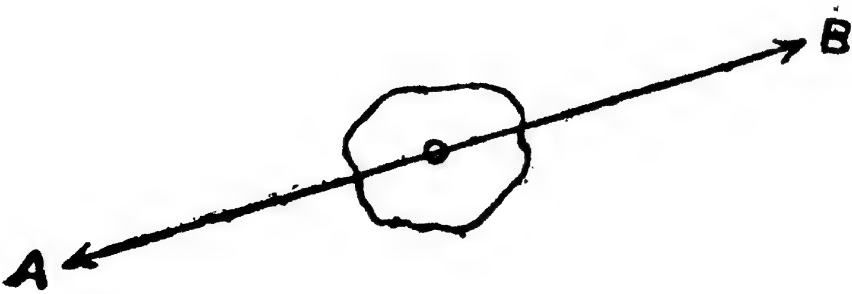
એક પદાર્થમાંના O બિંદુ આગળ આડી લીટીને ૪૫° ને ખૂણે કાર્ય કરતાં એક આપેલાં જોરને સીધી લીટી OA (આ. ૪૦) વડે

સંપૂર્ણ રીતે દર્શાવી શકાય. આકૃતિ ૪૦માં O એ જોર લાગુ પાડ્યાનું બિંદુ છે. તીર સાથની સીધી લીટી OAની ખોતાની દીશા એ જોરની દીશા દર્શાવે છે. વિભક્ત કરેલી સીધી લીટી OAની લંબાઈ કોઈ પણ આપેલા સ્કેલે જોરની અત્યંતતા દર્શાવે છે, અને તે લીટી ઉપરની તીરની દીશા જોરની જાત (sense), પછી તે હડસેલવાનું કે ખેંચાણનું હોય તે દર્શાવે છે.

ધારો કે O થી A સુધી ૨૦ ષાંડનું જોર કાર્ય કરે છે, અને ૮ ષાંડ = ૧ ઇંચનો સ્કેલ લીધો છે, તો તે જોર $\frac{૨૦}{૮} = ૨.૫$ ઇંચ લાંબી લીટી વડે દર્શાવી શકાય, એટલે આ બાબદમાં લીટી OA ૨.૫ ઇંચ લાંબી દોરવી જોઈએ.

સમતોલપણામાં આવેલાં જોરો (forces in equilibrium)—જ્યારે જોરોની કોઈપણ સંખ્યા એક પદાર્થ ઉપર કાર્ય કરી એક બિંબની અસરને નષ્ટ કરે છે એટલે તે પદાર્થને તે આગળ જે સ્થિતિમાં હોય, પછી ગમે તો ફેરસ અથવા જોર લાગુ પાડ્યાની પૂર્વે તે પદાર્થ સ્થાઈ યા ગતિની સ્થિતિમાં હોય, તેજ સ્થિતિમાં રાખે છે, ત્યારે આ જોરો સમતોલપણામાં છે તેમજ તે પદાર્થ સમતોલપણામાં છે એમ કહેવાય છે.

દાખલા તરીકે, જે આકૃતિ ૪૧માં બે સરખા : અને સામ સામે કાર્ય કરતાં જોરો A અને B એક પદાર્થમાંનાં O બિંદુ આગળ એકજ



આકૃતિ ૪૧

સીધી લીટીમાં કાર્ય કરતાં જોરો, કાર્ય અને પ્રતિકાર્ય ૬૯

સીધી લીટીમાં લાગુ પાડવામાં આવે, તો તેઓ દેખીતી રીતે એક બીજાને સમતોલ કરશે, અને તે પદાર્થ સમતોલપણામાં રહેશે. જો ઉપલાં જોરોમાંનાં એક જોરને સહેજ પણુ વધારવામાં યા ઘટાડવામાં આવે તો તે પદાર્થ પોતાનાં સ્થાનેથી ખસશે.

એક સળીયાને એકજ છેડેથી ખેંચાણનું જોર આપી સ્થાઈ અથવા સમતોલપણામાં રાખી શકાતો નથી, સિવાય કે તેને બીજે છેડે તેને સરખું અને સામું એકજ સીધી લીટીમાં કાર્ય કરતું જોર લાગુ પાડેલું હોય. તેજ પ્રમાણે, જો એક સ્થંભને એક છેડેથી દબાણનું જોર લાગુ પાડવામાં આવે અને તે સમતોલપણામાં રહે, તો તે સ્થંભને બીજે છેડે તે જોરની ખરાબરનું અને તેની સામેની દીશામાં એકજ સીધી લીટીમાં કાર્ય કરતું દબાણ હોવું જોઈએ.

કાર્ય અને પ્રતિકાર્ય (action અને reaction) —

બ્યારે પણુ એક સજ્જડ કરેલા કડણુ પદાર્થ ઉપર એક જોર કાર્ય કરે ત્યારે તુરતજ તે જોરની ખરાબર સરખું અને સામેની દીશામાં કાર્ય કરતું એક બીજું જોર તે પદાર્થમાં ઉત્પન્ન થાય છે તેને પ્રતિકાર્ય અથવા પ્રતિકાર્યનું જોર કહેવામાં આવે છે. આ પ્રમાણે કાર્ય અને પ્રતિકાર્ય સરખાં અને સામસામાં હોય છે, અને તેઓ એક બીજાની અસર નહ અથવા રદ કરે છે.

દાખલા તરીકે, ધારો કે એક સજ્જડ આડી ટેબલ ઉપર એક વજનને મુકવામાં આવે તો તે ટેબલમાં સામી દીશામાં કાર્ય કરતું એક જોર અથવા ઉપરની દીશાનું પ્રતિકાર્ય ઉત્પન્ન થાય છે જે વજનનાં નીચલી દીશાનાં જોરને ખરાબર સમતોલ કરે છે. જો આ પ્રમાણે ન થયું હોત તો ગતિ ઉત્પન્ન થતે અને પરીણામે ટેબલ ભાંગી જતે અથવા તો વજન ટેબલમાં ઘુસી જતે.

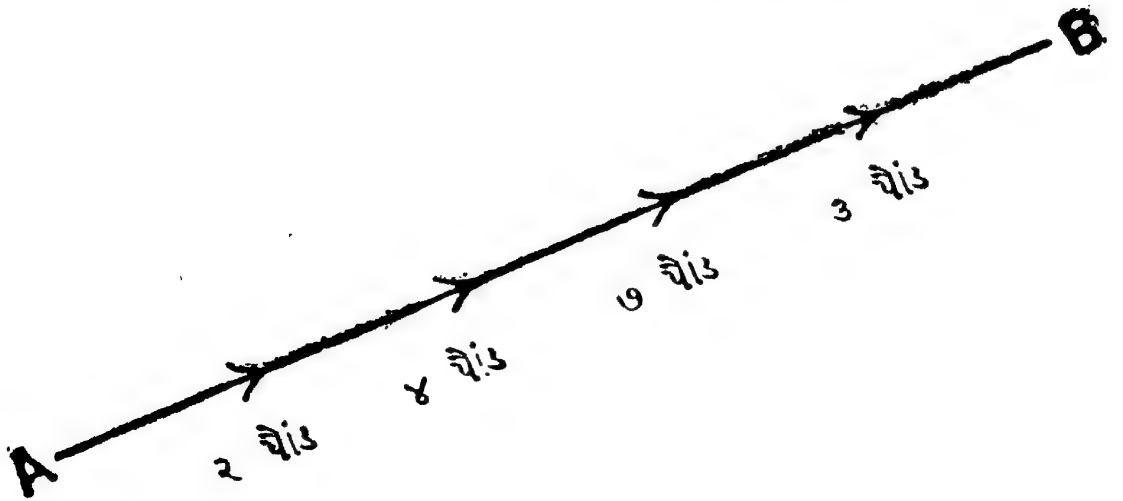
જોરોનાં રીઝલ્ટન્ટ અને કોમ્પોનન્ટસ (resultant and components of forces) એટલે લખ્વબળ અને સાધનબળ—જો એક કડણુ પદાર્થમાંનાં એક બિંદુ ઉપર બે અથવા

વધુ જોરો કાર્ય કરે અને તે બે અથવા વધુ જોરોની જગ્યાએ એકજ જોર મુકવામાં આવે ત્યારે તે એકલું જોર બે અથવા વધુ જોરોનાં જોડલીજ અસર ઉત્પન્ન કરે તો તે એકલાં જોરને પહેલાં જોરોને **રીઝલ્ટન્ટ (resultant)** કહેવામાં આવે છે, અને તે પહેલાં જોરોને **કોમ્પોનન્ટસ (components)** કહે છે.

જો આપણે એકલાં જોરને બદલે બે અથવા વધુ જોરો લાગુ પાડીએ તો તે છેલાં જોરો મૂળ જોરનાં **કોમ્પોનન્ટસ (components)** કહેવાય છે.

સીધી લીટીમાં કાર્ય કરતાં જોરોનો રીઝલ્ટન્ટ—(૧)
એક પદાર્થમાંનાં એકજ બિંદુ ઉપર એકજ સીધી લીટીમાં અને એકજ દીશામાં કાર્ય કરતાં જોરોની કોઈ પણ સંખ્યાનો રીઝલ્ટન્ટ તે જોરોનાં સરવાળાની બરાબર છે અને તે રીઝલ્ટન્ટ તેજ દીશામાં કાર્ય કરે છે.

દાખલા તરીકે—આકૃતિ ૪૨માં ૨, ૪, ૭, અને ૩ પૌંડનાં ચાર જોરો એકજ સીધી લીટીમાં અને એકજ દીશામાં એટલે A થી Bની



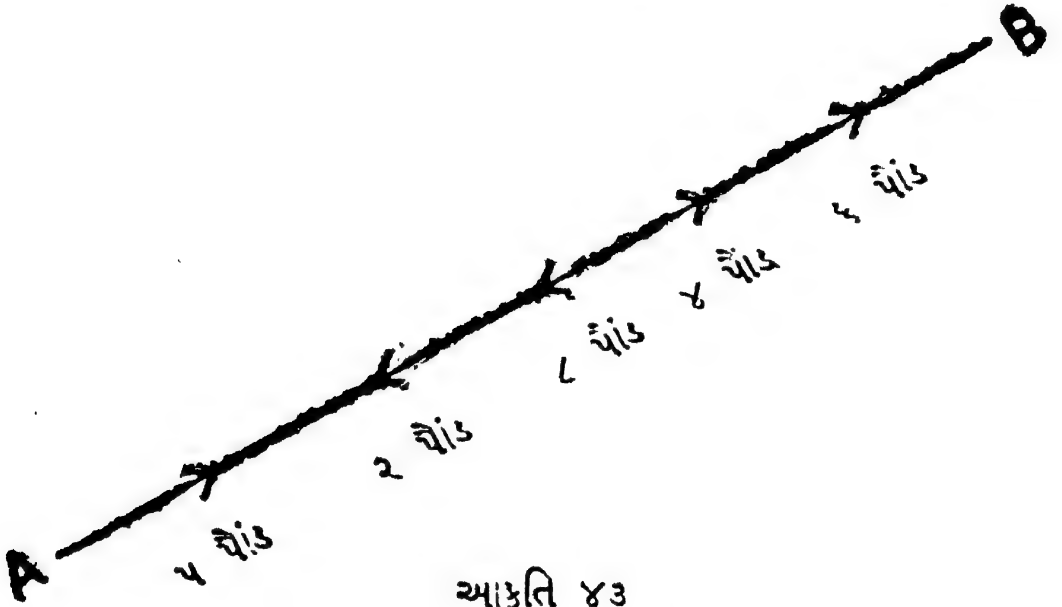
આકૃતિ ૪૨

દીશામાં કાર્ય કરે છે તો તે જોરોનો રીઝલ્ટન્ટ = ૨ + ૪ + ૭ + ૩ = ૧૬ પૌંડ છે, અને તે A થી Bની દીશામાં કાર્ય કરે છે.

સીધી લીટીમાં કાર્ય કરતાં જોરો, કાર્ય અને પ્રતિકાર્ય ૭૧

(૨) જો સઘળાં જોરો એકજ દીશામાં કાર્ય કરતા ન હોય, ત્યારે તે જોરોનો રીઝલ્ટન્ટ એક દીશામાં કાર્ય કરતાં જોરોનાં રીઝલ્ટન્ટ અને તેનાથી સામી દીશામાં કાર્ય કરતાં ખીજાં જોરોનાં રીઝલ્ટન્ટ વચ્ચેનાં તફાવટની બરાબર છે; અને તે બે રીઝલ્ટન્ટસમાંનાં સૌથી વધુ રીઝલ્ટન્ટની દીશામાં કાર્ય કરે છે.

દાખલા તરીકે—આકૃતિ ૪૩માં ૫, ૪, અને ૬ પૌંડનાં ત્રણ જોરો A થી Bની દીશામાં કાર્ય કરે છે અને ૨ તથા ૮ પૌંડનાં બે



જોરો B થી Aની દીશામાં કાર્ય કરે છે, A થી Bની દીશામાં કાર્ય કરતાં ત્રણ જોરોનો રીઝલ્ટન્ટ = ૫ + ૪ + ૬ = ૧૫ પૌંડ અને Bથી Aની દીશામાં કાર્ય કરતાં બે જોરોનો રીઝલ્ટન્ટ = ૨ + ૮ = ૧૦ પૌંડ છે. ત્યારે સઘળાં પાંગે જોરોનો રીઝલ્ટન્ટ = ૧૫ - ૧૦ = ૫ પૌંડ આવશે, અને તે A થી Bની દીશામાં કાર્ય કરશે.

જો સામસામે કાર્ય કરતાં જોરોનાં બે સમૂહ વચ્ચે સમતોલપણું હોય તો તેમનો રીઝલ્ટન્ટ સૂન્ય આવશે કે જેમ ટગ ઓફ વોર (દિરકું ખેંચવાની રમત)માં વારંવાર બને છે.

પ્રકરણ ૪થું

કામ, હોર્સપાવર.

કામ (work)—જ્યારે જોર એક પદાર્થ ઉપર કાર્ય કરી તે પદાર્થને અમુક અંતરે ખસેડે છે ત્યારે તે જોર વડે કામ થયું છે એમ કહેવાય છે. આ ક્રિયા ગમે એટલો વખત (ગમેતો એક સેકન્ડ, એક મીનીટ, એક કલાક, એક દીવસ, એક મહીનો, અથવા એક વરસ) લે તે વખત સાથે આ કામની ક્રિયાને સંબંધ નથી, એટલે બીજા શબ્દોમાં કહીએ તો કોઈ પણ જોર વડે અમુક અંતરેથી અવરોધ દુર કરવામાં થતો કામનો જથ્થો તે ક્રિયામાં રોકાયલા વખતથી સ્વતંત્ર છે. તેટલા માટે થયલું કામ નક્કી કરવાનાં દાખલામાં વખત ધ્યાનમાં લેવામાં આવતો નથી, અને કામનો જથ્થો માત્ર જોરની અત્યંતતા અથવા પરિમાણ (magnitude) અને જે અંતરે તે કાર્ય કરે છે તેના પ્રમાણમાં છે. અંતર હમેશાં જોરનાં કાર્યની લીટીએ અથવા સમાંતર માપવામાં આવે છે.

જો લાગુ પડેલું જોર પદાર્થની ગતિને નડતો અવરોધ (resistance) દુર કરવામાં પુરતું ન હોય કે જેથી કરીને તે પદાર્થનાં સ્થાનમાં ફેરફાર ન થાય, ત્યારે કશું પણ કામ થતું નથી. એટલા માટે કામ થાય તે સાઈં આપણે કોઈ પણ અંતરેથી જોરને લાગુ પાડવું જોઈએ, અને જોર તથા ગતિ એ બન્નેનું જોડાણ કામ થાય તે માટે જરૂરનું છે. એક બળદ સડક ઉપર ભાર સાથનું ગાડું ખેંચી જાય છે ત્યારે કામ થાય છે. એક આગગાડીનું એનજીન જ્યારે ગતિમાં હોય છે ત્યારે

કામ કરે છે. પણ ગમે એટલું મોટું જોર લાગુ પાડ્યું હોય તે છતાં જે પદાર્થ ઉપર ક્રિયા થાય તે પદાર્થ ખસી શકે નહીં તો કશું પણ કામ થયલું કહેવાય નહીં.

થયલાં કામનો જથ્થો એ લાગુ પાડેલાં જોર (અથવા દુર કરવામાં આવતા અવરોધ) અને તેની પોતાની દીશામાં તે જે અંતરે કાર્ય કરે છે તે અંતરના ગુણાકારની બરાબર છે. અથવા,

$$\text{કામ} = \text{જોર} \times \text{અંતર.}$$

કામનો એકમ—આ દેશમાં અને ઐરોપિયનમાં એનજીનીયરો જે કામનો એકમ વાપરે છે તે ફુટ-પૈંડ છે, અને તે જ્યારે એક પૈંડનું જોર અથવા અવરોધ એક ફુટનાં અંતરે તેનાં કાર્યની પોતાની દીશાએ ખસેડવામાં આવે ત્યારે જે કામ થાય તેની બરાબર છે. જે જોર અથવા અવરોધ બે પૈંડનાં હોય અને તે એક ફુટનાં અંતરેથી ખસેડવામાં આવે તો પહેલાં કરતાં બમણું કામ થાય છે, એટલે ૨ ફુટ-પૈંડ કામ થાય છે. વળી જે અવરોધ એક પૈંડનો હોય અને અંતર બે ફુટ હોય તો પણ કામ ૨ ફુટ-પૈંડ થાય છે. તેજ પ્રમાણે અવરોધ ૪ પૈંડનો હોય અને તેને ૫ ફુટને અંતરેથી ખસેડવામાં આવે તો ૨૦ ફુટ-પૈંડ કામ થાય છે. કામ નક્કી કરવામાં હમેશાં જોર, વજન, અવરોધ, દબાણ, અથવા ખેંચાણ (force, weight, resistance, pressure, અથવા tension) પૈંડમાં અને અંતર ફુટમાં લેવામાં આવે છે. કોઈ કોઈ વાર કામનાં એકમ તરીકે ઈંચિ-પૈંડ, ઈંચિ-ટન, અને ફુટ-ટન વપરાય છે. પહેલાંમાં જોર પૈંડમાં અને અંતર ઈંચિમાં તથા બીજાં અને ત્રીજાંમાં જોર ટનમાં અને અંતર અનુક્રમે ઈંચિ અને ફુટમાં લેવામાં આવે છે. હુંકમાં કામ = $P \times S$, એમાં P = જોર, વજન, અવરોધ, દબાણ અથવા તાણુ યા ખેંચાણુ પૈંડમાં, અને S = પસાર થયલું અંતર ફુટમાં છે.

દાખલો ૧—૩૫ પૈંડનાં વજનને ૪૨ ફુટની ઉંચાઈએ ઉપાડતાં કેટલું કામ થશે ?

$$\text{થયલું કામ} = P \times S$$

$$= ૩૫ \times ૪૨ = \underline{૧૪૭૦ \text{ ફુટ-પૈાંડ}}$$

દાખલો ૨—એક નદી ઉપરનાં પુલનો ગરડર કે જેનું વજન ૧૫ ટન છે તેને જમીનથી ૨૫ ફુટની ઉંચાઈએ આવેલા ટેકાઓ ઉપર ખેસાડવાનો છે તો આ ગરડરને તેનાં સ્થાને ઉપાડી ખેસાડવામાં કેટલાં કામનાં એકમ થશે ?

$$\text{વજન} = ૧૫ \times ૨૨૪૦ = ૩૩૬૦૦ \text{ પૈાંડ.}$$

$$\begin{aligned} \text{થયલા કામનાં એકમ} &= ૩૩૬૦૦ \times ૨૫ \\ &= \underline{૮૪૦૦૦૦ \text{ ફુટ-પૈાંડ.}} \end{aligned}$$

દાખલો ૩—૧૫ હંડેડવેટનાં વજનનાં કોલસાને ૫૫ સેકન્ડમાં ૮૨ ફેધમ ઉંડી ખાણમાંથી ઉપાડવામાં આવે છે તો આ ક્રિયાવિધિમાં થયલું કામ શોષો ?

$$\text{વજન} = ૧૫ \times ૧૧૨ = ૧૬૮૦ \text{ પૈાંડ.}$$

$$\text{ઉંડાઈ} = ૮૨ \times ૬ = ૪૯૨ \text{ ફુટ.}$$

$$\begin{aligned} \text{થયલું કામ} &= ૧૬૮૦ \times ૪૯૨ \\ &= \underline{૮૨૬૫૬૦ \text{ ફુટ-પૈાંડ.}} \end{aligned}$$

(આ દાખલામાં વખતને કશો સંબંધ નથી, માટે તે ધ્યાનમાં લેવાનો નથી).

દાખલો ૪—એક ખાણમાંથી ૨૫૦ ધનફુટ પાણીનો જથ્થો પમ્પ વડે બહાર કાઢતાં ૭૧૮૭૫૦ ફુટ-પૈાંડ કામ થાય છે, તો તે ખાણની ઉંડાઈ કેટલી હશે ?

(નોટ—એક ધનફુટ મીઠાં પાણીનું વજન ૬૨.૫ પૈાંડ છે.)

$$\text{પાણીનું વજન} = ૨૫૦ \times ૬૨.૫ = ૧૫૬૨૫ \text{ પૈાંડ.}$$

$$\text{થયલું કામ} = P \times S.$$

$$\therefore S = \frac{\text{થયલું કામ}}{P}$$

$$= \frac{૭૧૮૭૫૦}{૧૫૬૨૫} = \underline{૪૬ \text{ ફુટ}}$$

દાખલો ૫—એક ઘોડો પુલી ઉપરથી પસાર થતાં દોરડાંની મદદ વડે એક ખાણમાંથી કોલસો ઉપાડવાને કામે લગાડ્યો છે. તે ઘોડો દર કલાકે ૩ માઇલની ઝડપે દોડે છે અને ૬ મીનીટમાં ૧૯૮૦૦૦ ફુટ-પૈંડ જોટલું કામ કરતો માલમ પડે છે, તો તે ઘોડો ચાલુ કેટલા પૈંડનું ખેંચાણ કરતો હશે ?

આપેલી ઝડપે ઘોડો ૬ મીનીટમાં કેટલું અંતર પસાર કરે છે તે પહેલાં શોધવું, અને આ આવેલાં અંતરને ખેંચાણ વડે ગુણવાથી ૬ મીનીટમાં થયલું કામ મલે છે.

$$\begin{aligned} \text{એક કલાકમાં પસાર થયલું અંતર} &= ૩ \times ૫૨૮૦ \\ &= ૧૫૮૪૦ \text{ ફુટ.} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \therefore ૬ \text{ મીનીટમાં પસાર થયલું અંતર} &= \frac{૧૫૮૪૦ \times ૬}{૬૦} \\ &= ૧૫૮૪ \text{ ફુટ.} \end{aligned}$$

$$૬ \text{ મીનીટમાં થયલું કામ} = \text{ખેંચાણ} \times ૬ \text{ મીનીટમાંનું અંતર.}$$

$$\begin{aligned} \therefore \text{ખેંચાણ} &= \frac{૬ \text{ મીનીટમાં થયલું કામ}}{૬ \text{ મીનીટમાંનું અંતર}} \\ &= \frac{૧૯૮૦૦૦}{૧૫૮૪} = \underline{\underline{૧૨૫ \text{ પૈંડ}}} \end{aligned}$$

દાખલો ૬—એક ઘોડો ૮ મીનીટમાં ૯૦૦૦૦ ફુટ-પૈંડ કામ કરે છે, અને તેમ કરતાં ૭૫ પૈંડના જોરથી ચાલુ ખેંચાણ કરે છે, તો તે ઘોડો દર કલાકે કેટલા માઇલની ઝડપે દોડશે ?

$$\begin{array}{ccc} \text{મીનીટ} & \text{મીનીટ} & \text{ફુટ-પૈંડ} \\ ૮ & : & ૬૦ \end{array} :: ૯૦૦૦૦ : \text{એક કલાકમાં કામ}$$

$$૮ : ૬૦ :: ૯૦૦૦૦ : \text{એક કલાકમાં કામ}$$

$$\therefore \text{એક કલાકનું કામ} = \frac{૯૦૦૦૦ \times ૬૦}{૮}$$

$$= ૬૭૫૦૦૦ \text{ ફુટ-પૈંડ}$$

$$\text{એક કલાકમાં થયલું કામ} = \text{ખેંચાણ} \times \text{એક કલાકનું અંતર}$$

$$\begin{aligned} \therefore \text{એક કલાકનું અંતર} &= \frac{\text{એક કલાકમાં થયલું કામ}}{\text{ખેંચાણ}} \\ &= \frac{૬૭૫૦૦૦}{૭૫} = ૯૦૦૦ \text{ ફુટ} \end{aligned}$$

$$\therefore \text{એક કલાકમાં ૪૬૫ માઈલમાં} = \frac{૯૦૦૦}{૫૨૮૦}$$

૧.૭ માઈલ

દાખલો ૭—કોલસાનાં ૧૨ વેગનની એક ટ્રેન કે જેનું કુલ વજન ૧૩૩ ટન છે તેને હાઇડ્રોલીક પાવર વડે ૧૨ મીનીટમાં ૨૦ ફુટની ઉંચાઈએ ઉપાડવામાં આવે છે તો થયેલા કામનાં એકમ ફુટ-ટન, ઈંચ-ટન, ફુટ-પૈંડ, અને ઈંચ-પૈંડમાં શોધો ? વળી એક મીનીટમાં થયેલું કામ ફુટ-પૈંડમાં શોધો ?

$$\text{થયેલું કામ ફુટ-ટનમાં} = ૧૩૩ \times ૨૦ = \underline{૨૬૬૦ \text{ ફુટ-ટન}}$$

$$\begin{aligned} \text{થયેલું કામ ઈંચ-ટનમાં} &= ૧૩૩ \times ૨૦ \times ૧૨ \\ &= ૨૬૬૦ \times ૧૨ = \underline{૩૧૯૨૦ \text{ ઈંચ-ટન}} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{થયેલું કામ ફુટ-પૈંડમાં} &= ૧૩૩ \times ૨૨૪૦ \times ૨૦ \\ &= ૨૬૬૦ \times ૨૨૪૦ \\ &= \underline{૫૯૫૮૪૦૦ \text{ ફુટ-પૈંડ}} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{થયેલું કામ ઈંચ-પૈંડમાં} &= ૧૩૩ \times ૨૨૪૦ \times ૨૦ \times ૧૨ \\ &= ૫૯૫૮૪૦૦ \times ૧૨ \\ &= \underline{૭૧૫૦૦૮૦૦ \text{ ઈંચ-પૈંડ}} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{એક મીનીટમાં થયેલું કામ ફુટ-પૈંડમાં} &= \frac{૫૯૫૮૪૦૦}{૧૨ \text{ મીનીટ}} \\ &= \underline{૪૯૬૫૩૩.૩ \text{ ફુટ-પૈંડ.}} \end{aligned}$$

દાખલો ૮—ધક્તર સોઢાંની પોણો ઈંચ જાડી એક પ્લેટમાં પંચ વડે આરપાર એક વેહ પાડવામાં આવે છે. પંચ ઉપર લાગુ પાડેલું દબાણ ૩૨ ટન છે એવી ગણતરી કરવામાં આવી છે, તો પંચને

નડતો અવરોધ ક્રિયા દરમ્યાન એક સમાન છે એમ માની લેતાં થયેલું કામ ફુટ-પૌંડમાં શોધો ?

$$\text{પસાર થતું અંતર} = \frac{3}{8} \times \frac{1}{4} = \frac{3}{32} \text{ ફુટ.}$$

$$\text{થયેલું કામ} = \frac{32 \times 2240 \times 1}{16} = \underline{4480 \text{ ફુટ-પૌંડ.}}$$

દાખલો ૯—એક સ્ટીમ એનજીનનાં પીસ્તનનો વ્યાસ ૨૦ ઇંચ છે, અને તે ઉપર કાર્ય કરતું વરાળનું સરેરાસ દબાણ દર ચોરસ ઇંચે ૧૦૦ પૌંડ છે. પીસ્તનનો સ્ટ્રોક ૨ ફુટ લાંબો છે, અને દર મીનીટ આંટા (રેવોલ્યુશન)ની સંખ્યા ૧૫૦ છે, તો એક સ્ટ્રોકમાં કેટલું કામ થશે, અને વળી એક મીનીટમાં કેટલું કામ થશે ?

$$\begin{aligned} \text{પીસ્તનનું ક્ષેત્રફળ} &= 20 \times 20 \times .7854 \\ &= 314.16 \text{ ચોરસ ઇંચ.} \end{aligned}$$

પીસ્તન ઉપરનું કુલ દબાણ = દર ચો. ઇંચ ઉપરનું દબાણ × પીસ્તનનું ક્ષેત્રફળ.

$$\begin{aligned} &= 100 \times 314.16 \\ &= 31416 \text{ પૌંડ.} \end{aligned}$$

એક સ્ટ્રોકમાં પીસ્તન વડે પસાર થતું અંતર = સ્ટ્રોકની લંબાઈ
= ૨ ફુટ.

$$\begin{aligned} \therefore \text{એક સ્ટ્રોકમાં થતું કામ} &= 31416 \times 2 \\ &= \underline{62832 \text{ ફુટ-પૌંડ}} \end{aligned}$$

એક આંટા (રેવોલ્યુશન)માં પીસ્તન ૨ સ્ટ્રોક કરે છે, તો એક મીનીટમાં થતા સ્ટ્રોકની સંખ્યા = ૧૫૦ × ૨ = ૩૦૦

$$\begin{aligned} \therefore \text{એક મીનીટમાં થતું કામ} &= 62832 \times 300 \\ &= \underline{18849600 \text{ ફુટ-પૌંડ.}} \end{aligned}$$

દાખલા ૧૦—એક એનજીનનાં પીસ્તનનું ક્ષેત્રફળ ૩૦૦ ચોરસ ઇંચ છે, સ્ટ્રોકની લંબાઈ ૩ ફુટ છે, અને એક સ્ટ્રોકમાં થયેલું કામ ૪૫૯૦૦ ફુટ-પૌંડ છે, તો પીસ્તનનાં દર ચોરસ ઇંચ ઉપર વરાળનું સરેરાસ દબાણ કેટલા પૌંડ હશે ?

એક સ્ટ્રોકમાં થયેલું કામ = પીસ્તન ઉપરનું કુલ દબાણ × સ્ટ્રોકની લંબાઈ

$$\begin{aligned} \therefore \text{પીસ્તન ઉપરનું કુલ દબાણ} &= \frac{\text{એક સ્ટ્રોકમાં થયેલું કામ}}{\text{સ્ટ્રોકની લંબાઈ}} \\ &= \frac{૪૫૮૦૦}{૩} = ૧૫૩૦૦ \text{ પૌંડ} \end{aligned}$$

પીસ્તન ઉપરનું કુલ દબાણ = પીસ્તનનું ક્ષેત્રફળ × દર ચો. ઇંચ ઉપરનું દબાણ.

$$\begin{aligned} \therefore \text{દર ચો. ઇંચ ઉપરનું દબાણ} &= \frac{\text{પીસ્તન ઉપરનું કુલ દબાણ}}{\text{પીસ્તનનું ક્ષેત્રફળ}} \\ &= \frac{૧૫૩૦૦}{૩૦૦} = \underline{૫૧ \text{ પૌંડ}} \end{aligned}$$

દાખલો ૧૧—એક માણસ એક મશીનના ૧૪ ઇંચ લાંબા હાથાને ફેરવવામાં ૩૦ પૌંડનું ભેર કરે છે તો એક આંટા (રિવોલ્યુશન)માં (૧) બે ભેર હમેશાં આડી દીશામાં કરવામાં આવે તો કેટલું કામ થશે, (૨) બે ભેરને હમેશાં હાથાનાં માર્ગ વડે દોરાતાં વર્તુલને સ્પર્શરેખારૂપ (tangential) લાગુ પાડવામાં આવે તો કેટલું કામ થશે ?

(૧) બ્યારે ભેરને હમેશાં આડી દીશામાં લાગુ પાડવામાં આવે ત્યારે—
એક આંટામાં પસાર થતું અંતર = હાથાનાં માર્ગ વડે દોરાતાં વર્તુલનો વ્યાસ × ૨

$$\therefore \text{એક આંટામાં પસાર થતું અંતર} = \frac{૧૪}{૬૬} \times ૨ \times ૨ = \frac{૧૪}{૩૩} \text{ ફુટ}$$

$$\therefore \text{એક આંટામાં થયેલું કામ} = \frac{૩૦ \times ૧૪}{૩} = \underline{૧૪૦ \text{ ફુટ-પૌંડ}}$$

(૨) બ્યારે ભેરને હમેશાં હાથાનાં માર્ગ વડે દોરાતાં વર્તુલને સ્પર્શરેખારૂપ (tangential) લાગુ પાડવામાં આવે ત્યારે—

$$\begin{aligned} \text{એક આંટામાં પસાર થતું અંતર} &= \text{હાથાનાં માર્ગ વડે દોરાતાં વર્તુલનો પરિઘ} \\ &= \frac{૧૪}{૬૬} \times ૨ \times \frac{૨૨}{૭} = \frac{૨૨}{૩} \text{ ફુટ} \end{aligned}$$

$$\therefore \text{એક આંટામાં થતું કામ} = \frac{૩૦ \times ૨૨}{૩} = \underline{૨૨૦ \text{ ફુટ-પૌંડ}}$$

દાખલો ૧૨—એક હોર્સ પમ્પનાં પ્લન્જર અથવા રેમનો વ્યાસ ૮ ફીટ ઈંચ છે, સ્ટ્રોકની લંબાઈ ૨.૫ ફુટ, અને પ્લન્જર ઉપર કાર્ય કરતું પાણીનું દબાણ તેનાં ક્ષેત્રફળનાં દર ચોરસ ઈંચ દીઠ ૫૦ પૌંડ છે, તો એક સ્ટ્રોકમાં કેટલા ફુટ-પૌંડ કામ થશે ?

$$\text{પ્લન્જરનું ક્ષેત્રફળ} = ૮.૭૫ \times ૮.૭૫ \times .૭૮૫૪$$

$$= ૬૦.૧૩૨ \text{ ચોરસ ઈંચ}$$

$$\text{પ્લન્જર ઉપરનું કુલ દબાણ} = ૫૦ \times ૬૦.૧૩૨$$

$$= ૩૦૦૬.૬ \text{ પૌંડ}$$

$$\text{એક સ્ટ્રોકમાં થતું કામ} = ૩૦૦૬.૬ \times ૨.૫$$

$$= \underline{૭૫૧૬.૫ \text{ ફુટ-પૌંડ}}$$

દાખલો ૧૩—એક સાંચાને પુલી અને પટાની મદદ વડે ચલાવવામાં આવે છે. મશીનને ચલાવનારી પુલીનો વ્યાસ ૧૨ ઈંચ છે, અને તે દર મીનીટ ૨૦૦ આંટા (revolutions) ફરે છે. પટા ઉપરનું કાર્યસાધક તાણ અથવા ખેંચાણ ૫૨૦ પૌંડ છે, તો પટા વડે એક મીનીટમાં કેટલાં કામનો સંચાર થશે ?

$$\text{પુલીનાં એક આંટામાં પટાની ઝડપ} = \text{પુલીનો પરિઘ}$$

$$= ૧ \times ૧ \times ૩.૧૪૧૬$$

$$= ૩.૧૪૧૬ \text{ ફુટ}$$

$$\therefore \text{એક મીનીટમાં પટાની ઝડપ} = ૩.૧૪૧૬ \times ૨૦૦$$

$$= ૬૨૮.૩૨ \text{ ફુટ}$$

$$\text{પટા વડે એક મીનીટમાં થતું કામ} = ૫૨૦ \times ૬૨૮.૩૨$$

$$= \underline{૩૨૬૭૨૬.૪ \text{ ફુટ-પૌંડ.}}$$

દાખલો ૧૪—એક સાંચા એટલે મશીનને ચલાવનારી પુલી ઉપરનાં પટા ઉપર આવતું કાર્ય સાધક (effective) તાણ ૬૫૦ પૌંડ છે, અને પટા વડે સંચાર થતું કામ એક મીનીટમાં ૫૬૧૬૦૦ ફુટ-પૌંડ છે, તો દર મીનીટ પટાની ઝડપ કેટલી હશે ? જો પુલીનો વ્યાસ ૧૪ ઈંચ હોય તો તે પુલી એક મીનીટમાં કેટલા આંટા અથવા રેવોલ્યુશન્સ ફરતી હશે ?

દર મીનીટ પટા વડે સંચાર થતું કામ = પટા ઉપરનું તાણ
 × એક મીનીટમાં ઝડપ

$$\therefore \text{દર મીનીટ પટાની ઝડપ} = \frac{\text{એક મીનીટમાં થતું કામ}}{\text{પટા ઉપરનું તાણ}}$$

$$= \frac{૫૬૧૬૦૦}{૬૫૦} = \underline{\underline{૮૬૪}} \text{ ડુઝ}$$

પુલીના એક આંટામાં પટાની ઝડપ = પુલીનો પરીઘ.

$$= \frac{૧૪}{૧૨} \times \frac{૨૨}{૭} = \frac{૧૧}{૩} \text{ ડુઝ}$$

ડુઝ ડુઝ આંટા

$\frac{૧૧}{૩} : ૮૬૪ :: ૧ : \text{એક મીનીટમાં પુલીનાં આંટા}$

$$\therefore \text{એક મીનીટમાં પુલીનાં આંટા} = \frac{૮૬૪ \times ૩}{૧૧}$$

$$= \underline{\underline{૨૩૫.૬}} \text{ આંટા}$$

ક્રિયા દરમ્યાન એક સરખી રીતે ફેરફાર થતા અવરોધ સામે થતું કામ—અમુક જાણીતાં અંતરે જે કાર્ય કરી જે અવરોધને દુર કરે તે અવરોધ જે તે અંતર દરમ્યાન ફેરફાર થતો હોય તો થયેલું કામ સરેરાશ અવરોધ અને તે અંતરના ગુણાકારની બરાબર છે. જે દુર કરવામાં આવતો અવરોધ એક સમાન રીતે ધીમે ધીમે વધે કે જેમ જમીન ઉપરથી સાંકળને એક છેડો પકડી ઉપાડતાં બને છે અથવા તે અવરોધ એક સરખી રીતે ધીમે ધીમે ઘટે કે જેમ બેરલ ઉપર સાંકળ વિંટાળતાં બને છે, ત્યારે થયેલાં કામનો જથ્થો સરેરાશ અવરોધને પસાર થયેલાં અંતર વડે ગુણવાથી મળી શકે છે. એમાં સરેરાશ અવરોધ અથવા વળનને ક્રિયાની શરૂઆતમાંનાં અવરોધમાં ક્રિયાની છેવટનાં અવરોધને ઉમેરી જે સરવાળો આવે તેને એ વડે ભાગવાથી શોધી શકાય છે. ત્યારે આ બાબદમાં—

$$\text{થયલું કામ} = \frac{\text{ક્રિયાની શરૂઆતમાં અવરોધ} + \text{છેવટનો અવરોધ}}{૨} \times \text{અંતર}$$

$$= \text{સરેરાસ અવરોધ} \times \text{અંતર.}$$

દાખલો ૧૫—એક સાંકળ જે ૨૭ ફુટ લાંબી છે તે જમીન ઉપર ગુંછળું વળીને પડેલી છે. તેનું વજન દર વારની લંબાઈ દીઠ ૮૦ પૌંડ છે, તો તે સાંકળનો ઉપલો છેડો પકડી તેને જમીન ઉપરથી ઉપાડતાં કેટલા ફુટ-પૌંડ કામ થશે ?

$$\text{સાંકળનું કુલ વજન} = \frac{૮૦ \times ૨૭}{૩} = ૭૨૦ \text{ પૌંડ}$$

સાંકળને ઉપાડવાની શરૂઆતમાં વજન = ૦ પૌંડ, અને

$$\text{અંતે વજન} = ૭૨૦ \text{ પૌંડ}$$

$$\therefore \text{સરેરાસ વજન} = \frac{૦ + ૭૨૦}{૨} = ૩૬૦ \text{ પૌંડ}$$

$$\text{પસાર થતું અંતર} = \text{સાંકળની લંબાઈ}$$

$$= ૨૭ \text{ ફુટ}$$

$$\therefore \text{થયલું કામ} = ૩૬૦ \times ૨૭ = \underline{૯૭૨૦ \text{ ફુટ-પૌંડ}}$$

દાખલો ૧૬—એક સાંકળ જેનું વજન દર ફુટ લંબાઈ દીઠ ૫ પૌંડ છે તેને એક ખેરલ અથવા ડ્રમ ઉપર લપેટી એક ટનનું વજન ૩૦ ફુટની ઉંચાઈએ ઉપાડવા કામે લગાડી છે તો (૧) જ્યારે તે સાંકળને ખેરલ ઉપર પુરેપુરી વિંટાળવામાં આવે ત્યારે કેટલું કામ થશે, અને (૨) તે સાંકળની ૧૮ ફુટ લંબાઈ વજન સાથે હજી લટકતી છે ત્યારે કેટલું કામ થયું હશે ?

(૧) સાંકળને ખેરલ ઉપર પુરેપુરી વિંટાળવામાં આવે ત્યારે—
સાંકળની આખી લંબાઈનું વજન = ૩૦ × ૫ = ૧૫૦ પૌંડ.

$$\begin{aligned} \text{ક્રિયાની શરૂઆતમાં વજન} &= ૧૫૦ + ૨૨૪૦ \\ &= ૨૩૯૦ \text{ પૌંડ} \end{aligned}$$

$$\text{ક્રિયાની અંતે વજન} = ૦ + ૨૨૪૦ = ૨૨૪૦ \text{ પૌંડ}$$

$$\therefore \text{સરેરાસ વજન} = \frac{૨૩૯૦ + ૨૨૪૦}{૨} = ૨૩૧૫ \text{ પૌંડ}$$

$$\begin{aligned} \therefore \text{આખી સાંકળ વિંટાળતાં થતું કામ} &= ૨૩૧૫ \times ૩૦ \\ &= \underline{૬૯૪૫૦ \text{ ફુટ-પૌંડ}} \end{aligned}$$

(૨) સાંકળની ૧૮ ફુટ લંબાઈ વજન સાથે લટકતી હોય ત્યારે—
બેરલ ઉપર વિંટાળવામાં આવેલી સાંકળની લંબાઈ = ૩૦ -
૧૮ = ૧૨ ફુટ.

સાંકળને બેરલ ઉપર જોડેલા ફુટ વિંટાળવામાં આવે તેટલાજ ફુટ
લંબાઈએ વજન ઉંચકાશે.

$$\therefore \text{પસાર થયેલું અંતર} = ૧૨ \text{ ફુટ.}$$

$$\text{ક્રિયાની શરૂઆતમાં વજન} = (૩૦ \times ૫) + ૨૨૪૦ = ૨૩૯૦ \text{ પૌંડ.}$$

$$\text{સાંકળને ૧૨ ફુટ વિંટાળ્યા બાદ ક્રિયાની અંતે વજન} =$$

$$= (૧૮ \times ૫) + ૨૨૪૦ = ૨૩૩૦ \text{ પૌંડ.}$$

$$\therefore \text{સરેરાસ વજન} = \frac{૨૩૯૦ + ૨૩૩૦}{૨} = \frac{૪૭૨૦}{૨} = ૨૩૬૦ \text{ પૌંડ.}$$

$$\therefore \text{આ ક્રિયા દરમિયાન થયેલું કામ} = ૨૩૬૦ \times ૧૨$$

$$= \underline{૨૮૩૨૦ \text{ ફુટ-પૌંડ.}}$$

દાખલો ૧૭—એક દોરડાંને એક છેડેથી ડૂમ ઉપર લટકાવવામાં
આવ્યું છે. તેની લંબાઈ ૮૦ ફુટ છે, અને તેનું વજન દર ફુટ લંબાઈ
દીઠ ૩ પૌંડ છે, તો (૧) તે દોરડાંને ડૂમ ઉપર વિંટાળતાં કેટલું કામ
થશે? અને (૨) તે દોરડાંને નીચલો છેડો ઉપલા છેડાને જઈ મળે
તેમ ઉપાડતાં કેટલું કામ થશે?

(૧) દોરડાંને પુરેપુરું ડ્રમ ઉપર વિંટાળવામાં આવે ત્યારે—

ક્રિયાની શરૂઆતમાં વજન = $3 \times ૮૦ = ૨૪૦$ પૌંડ.

અંતે વજન = ૦ પૌંડ.

∴ સરેરાસ વજન = $\frac{૨૪૦ + ૦}{૨} = ૧૨૦$ પૌંડ.

થયલું કામ = $૧૨૦ \times ૮૦ = \underline{૯૬૦૦}$ પૌંડ.

(૨) દોરડાંનો નીચલો છેડો ઉંચકી ઉપલા છેડા સાથે મેળવવામાં આવે ત્યારે—

જ્યારે દોરડાંનો નીચલો છેડો ઉપાડવા માટે પકડવામાં આવે ત્યારે શરૂઆતમાં વજન = ૦ પૌંડ છે, અને તે છેડાને ઉપાડી ઉપલા છેડા સાથે મેળવવામાં આવે ત્યારે ક્રિયાની અંતે વજન = દોરડાંની અર્ધાં લંબાઈનું વજન = $3 \times ૪૦ = ૧૨૦$ પૌંડ.

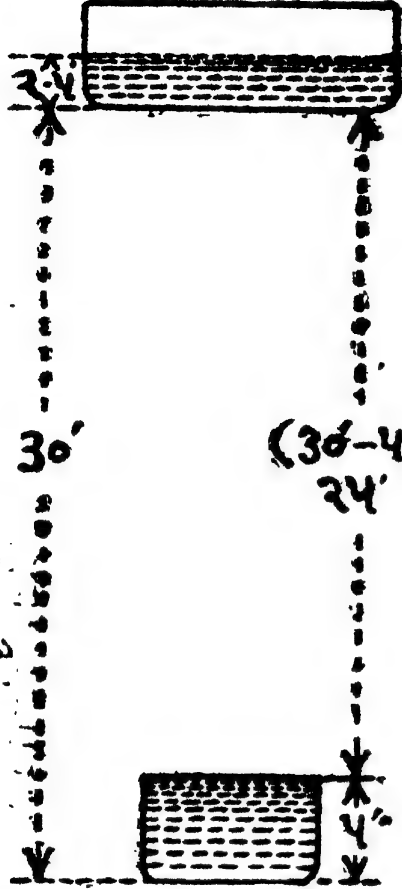
∴ સરેરાસ વજન = $\frac{૦ + ૧૨૦}{૨} = ૬૦$ પૌંડ.

દોરડાંનો નીચલો છેડો ઉપાડી ઉપલા છેડાને લગાડતાં પસાર થતું અંતર = ૮૦ ફુટ.

∴ થયલું કામ = $૬૦ \times ૮૦ = \underline{૪૮૦૦}$ ફુટ પૌંડ

દાખલો ૧૮—૧૫ ફુટ લાંબી \times ૮ ફુટ પહોળી \times ૬ ફુટ ઉંચી એક ટાંકાને બીજી નાની ટાંકી કે જે ૧૦ ફુટ લાંબી \times ૬ ફુટ પહોળી \times ૫ ફુટ ઉંચી છે તેની ઉપર એવી રીતે મુકેલી છે કે જેથી મોટી ટાંકાનું તળીયું નાની ટાંકાનાં તળીયાંથી ૩૦ ફુટ ઉંચે રહે છે. નાની ટાંકી પાણીથી ભરેલી છે, અને તે ટાંકામાંનું સઘળું પાણી ઉપલી ટાંકામાં પમ્પ વડે ભરવું છે, તા તે ક્રિયામાં કેટલા કામનાં એકમ ખર્ચ થશે ?

નાની ટાંકીમાંનું સઘળું પાણી મોટી ટાંકીમાં ભરાતાં મોટી ટાંકીમાં પાણીની સપાટી તેનાં તળીયાંથી કેટલી ઉંચાઈએ આવશે તે શોધવા



માટે—ધારો કે નાની ટાંકીનું પાણી મોટી ટાંકીમાં H ફુટની ઉંચાઈએ સમાશે, તો

$$૧૫' \times ૮' \times H' = ૧૦ \times ૬ \times ૫$$

$$\therefore \text{ઉંચાઈ } H' = \frac{૧૦ \times ૬ \times ૫}{૧૫ \times ૮} = \frac{૩૦૦}{૧૨૦} = ૨.૫ \text{ ફુટ}$$

નાની ટાંકીમાંથી મોટી ટાંકીમાં પાણી પમ્પ કરવાની ક્રિયાની શરૂઆતમાં પાણીને ઉપાડવાની ઉંચાઈ = $૩૦ - ૫ = ૨૫$ ફુટ, અને ક્રિયાને અંતે ઉંચાઈ = $૩૦ + ૨.૫ = ૩૨.૫$ ફુટ

$$\therefore \text{સરેરાસ ઉંચાઈ} = \frac{૨૫ + ૩૨.૫}{૨} = \frac{૫૭.૫}{૨} = ૨૮.૭૫ \text{ ફુટ}$$

નાની ટાંકીમાંનાં પાણીનું વજન = $૧૦ \times ૬ \times ૫ \times ૬૨.૫ = ૧૮૭૫૦$ પૈંડ

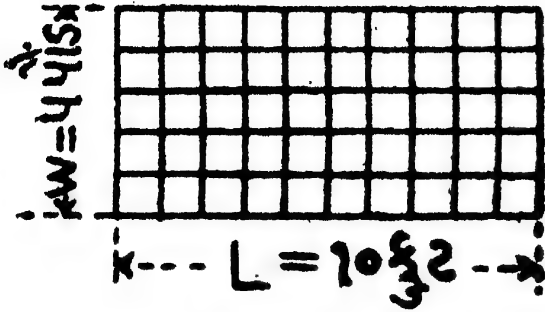
$$\therefore \text{થયલું કામ} = ૧૮૭૫૦ \times ૨૮.૭૫$$

$$= ૫૩૮૦૬૨.૫ \text{ ફુટ-પૈંડ}$$

આકૃતિ ૪૪

કામને આકૃતિ વડે દર્શાવવાની રીત (graphic representation of work):—(૧) ક્રિયા દરમિયાન એક-સમાન અવરોધ સામે થતું કામ—જે દુર કરવામાં આવતો અવરોધ એક સમાન હોય તો થયલું કામ એક કોટકોણ ચોખ્ખુ (rectangle)નાં ક્ષેત્રફળ વડે દર્શાવી શકાય છે. આ કોટકોણ ચોખ્ખુનું ક્ષેત્રફળ તેની લંબાઈ અને પહોળાઈનો ગુણાકાર કરવાથી મળે છે. પસાર કરેલું અંતર આડી લીટીએ મુકવું, અને દુર કરવામાં આવતો અવરોધ ઉભી લીટીએ મુકવો. દાખલા તરીકે, ૫ પૈંડનો એક સમાન અવરોધ ૧૦ ફુટને અંતરેથી દુર કરવામાં આવે છે, ત્યારે થયલું કામ

$= W \times L = ૫ \times ૧૦ = ૫૦$ ફુટ-પૈંડ છે. આ કામને આકૃતિ વડે



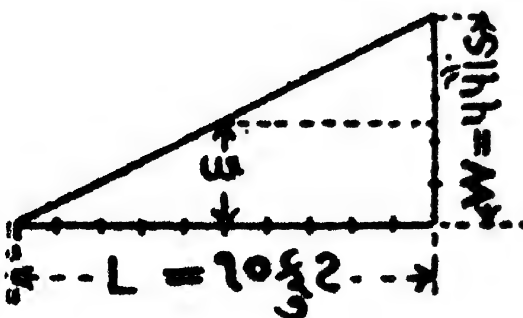
આકૃતિ ૪૫.

દર્શાવવા માટે કોઈ પણ સુગમ પડતા સ્કેલે W (અથવા ૫ પૈંડ) દર્શાવવા માટે એક ઉભી લીટી દોરો, અને તેટલોજ સ્કેલ લઈ L (અથવા ૧૦ ફુટ) દર્શાવવાને એક આડી લીટી દોરો.

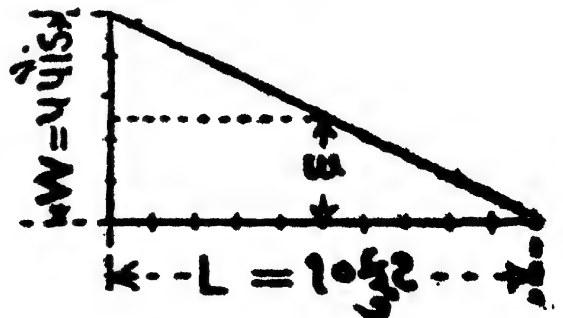
આડી તથા ઉભી લીટીને

સમાંતર લીટીઓ દોરી કાટખુણુ ચોખુણુ સંપૂર્ણ કરો. આકૃતિ ૪૫માં ૧ પૈંડ અને ૧ ફુટ દર્શાવવા માટે $\frac{1}{2}$ ઈંચનો સ્કેલ લેવામાં આવ્યો છે, પરીણામે દરેક નાના સમચોરસો કે જે દરેકતું ક્ષેત્રફળ $\frac{1}{2} \times \frac{1}{2} = \frac{1}{4}$ ચો. ઈંચ છે તે કામનો એક ફુટ-પૈંડ દર્શાવે છે. આકૃતિમાં સઘળા મળીને ૫૦ ચોરસો છે, ત્યારે તે આકૃતિ ૫૦ ફુટ-પૈંડ કામ દર્શાવે છે.

(૨) ક્રિયા દરમિયાન એક સરખી રીતે વધતા અથવા ઘટતા અવરોધ સામે થતું કામ—જે દુર કરવામાં આવતો અવરોધ, જેમ સાંકળ અથવા દોરડાંની લંબાઈને જમીન ઉપરથી એક છેડેથી પકડી ઉપાડતાં, ધીમે ધીમે એક સરખો વધે, અથવા તો બેરલ ઉપર લપેટતાં એક સરખી રીતે ધીમે ધીમે ઘટે, ત્યારે થયલાં કામનો જથ્થો સરેરાસ જોર અથવા વજનને પસાર કરેલાં અંતર વડે ગુણવાથી મળી શકે છે. તેટલા માટે થયલું કામ આકૃતિ ૪૬ અને ૪૭માં દેખાડવા



આકૃતિ ૪૬



આકૃતિ ૪૭

પ્રમાણે કાટકોણ ત્રિકોણ (rightangled triangle)નાં ક્ષેત્રફળ વડે દર્શાવી શકાય. એમાં $W =$ ઉપાડેલી સાંકળ અથવા દોરડાંનું કુલ વજન પૈંડમાં, અને $L =$ ઉપાડવામાં આવતી ઉંચાઈ ડુટમાં છે. આકૃતિ ૪૬માં સાંકળની લંબાઈનાં દર ડુટ દીઠ થતું કામ, ન્યાં સુધી આખી સાંકળ અથવા દોરડું જમીન ઉપરથી ઉંચકાય ત્યાં સુધી, સૌથી ઓછાં (minimum)થી સૌથી વધુ (maximum) સુધી વધે છે. એમાં થયલું કામ $= \frac{W \times L}{2}$ છે.

આકૃતિ ઉપરથી માલમ પડશે કે શરૂઆતમાં વજન ૦ પૈંડ અને અંતર પણ ૦ ડુટ છે, અને ક્રિયાને અંતે વજન ૫ પૈંડ અને અંતર ૧૦ ડુટ છે. તેજ પ્રમાણે આકૃતિ ૪૭માં સાંકળની લંબાઈનાં દર ડુટ દીઠ થતું કામ, ન્યાં સુધી આખી સાંકળ અથવા દોરડાંને ખેરલ ઉપર લપેટવામાં આવે ત્યાં સુધી, સૌથી વધુ (maximum)થી સૌથી ઓછાં (minimum) સુધી ઘટે છે. એમાં પણ થયલું કામ $= \frac{W \times L}{2}$ ડુટ-પૈંડ થાય છે. આકૃતિ ૪૭ ઉપરથી માલમ

પડશે કે શરૂઆતમાં વજન ૫ પૈંડ અને અંતર ૦ ડુટ છે, અને ક્રિયાની અંતે વજન ૦ પૈંડ અને અંતર ૧૦ ડુટ છે. દરેક આકૃતિમાં સુગમ પડતો સ્કેલ વાપર્યો છે. બન્ને દાખલામાં જે ગતિ અર્ધી સાંકળ ઉપાડયા અથવા વિંટાળ્યા પછી અટકાવવામાં આવે તો ઉભી લીટી w એ તે વેળાએ ટેકવેલું સાંકળનું વજન સ્કેલ ઉપર દર્શાવે છે. અત્રે $w = ૨ \cdot ૫$ પૈંડ થશે, જે વેળાએ અંતર ૫ ડુટ પસાર થશે. એજ પ્રમાણે ખીજા સ્થાનો માટે પણ સમજવું. આકૃતિ વડે કામને દર્શાવવાની રીત માટે ચોરસ આંકેલાં (square ruled) કાગળોનો ઉપયોગ કરવામાં આવે છે, અને એ કાગળોની મદદ વડે ગુદા ગુદા અવરોધ અને અંતર એક ખીજા ઉપર કેવી રીતે આધાર રાખે છે તે રેખા અથવા વાંક (કર્વ)ની મદદ વડે દર્શાવી શકાય છે.

હોર્સપાવર.

પાવર (**Power**) એટલે શક્તિ—જે આપણે જોર (force) વડે થતા કામનો માત્ર જથ્થોજ ન દર્શાવતાં જે વખત દરમ્યાન તે કામ થાય છે તે વખત પણ દર્શાવીએ તો તે આપણને જે પ્રમાણ અથવા ઝડપથી કામ થાય છે તે પ્રમાણ અથવા ઝડપ (rate) આપે છે. ત્યારે “પાવર” (**power** અથવા **activity**) એટલે “ શક્તિ ” સંજ્ઞા વડે જે પ્રમાણ અથવા ઝડપથી કામ થાય છે તે દર્શાવાય છે. ત્યારે કોઈ પણ કામ કરનારની શક્તિ અથવા પાવરની ગણતરી કરવામાં જે વખત દરમ્યાન કામ કરવામાં આવ્યું હોય તે વખતને નોંધી ધ્યાનમાં લેવું જોઈએ. દાખલા તરીકે, આપણે એક માણસનાં, એક ઘોડાનાં, કે એક એનજીનનાં પાવર વિશે ખોલીએ તો તે માણસ, અથવા ઘોડો, અથવા એનજીન એક મીનીટમાં આટલા પુટ-પૌંડ કામ કરવાને શક્તીમાન છે એમ કહેવાય છે.

પાવરનો એકમ (**unit of power**)—આ દેશમાં અને એટ્રિચિટનમાં ગ્રહણ કરેલા પાવરનાં એકમને હોર્સપાવર (**horse-power**) કહેવામાં આવે છે, અને તે જ્યારે ૩૩૦૦૦ પુટ-પૌંડ કામ એક મીનીટમાં થાય અથવા ૫૫૦ પુટ-પૌંડ કામ એક સેકન્ડમાં થાય ત્યારે કહેવાય છે. હોર્સપાવરનો એકમ હાલનાં સ્ટીમ એનજીનનાં શોધક જેમ્સ વૉટ (James Watt) પોતાનાં એનજીને ક્રિપત્ત કરેલા પાવરની ગણતરી કરવા માટે પહેલ વહેલો દાખલ કર્યો હતો. તેણે પ્રયોગ વડે નક્કી કર્યું હતું કે એક સરેરાસ શક્તિવાળો ગાડામાં જોડેલો ઘોડો દર મીનીટે ૨૨૦૦૦ પુટ-પૌંડ કામ કરી શકે છે, અને પોતાનાં એનજીનોનાં ખરીદદારોને સારો બદલો આપવાની તેની જાણસાને લીધે તે કામનાં જથ્થામાં તેણે ખીજા ૫૦ ટકા ઉમેર્યાં. પરિણામે દર મીનીટે (૨૨૦૦૦+૧૧૦૦૦) ૩૩૦૦૦ પુટ-પૌંડનો હોર્સ પાવરનો એકમ મળ્યો કે જે એકમ ત્યાર પછી તેણે પોતાનાં વરાળયંત્રો (**steam engines**)નાં

હોર્સ પાવર (ઘોડાનાં બળ)ની ગણતરી કરવા માટે વાપર્યો હતો; અને તે વખતથી સ્ટીમ તથા બીજી જાતનાં એનજીનોનાં પાવરની ગણતરી કરવા માટે પણ એજ એકમ ગ્રહણ કરવામાં આવ્યો છે.

હોર્સ પાવર શોધવાની રીત—કોઈ પણ આપેલા કાર્ય કરનાર પક્ષી ગમે તો તે માણસ, ઘોડો, અથવા એનજીન હોય તેનાં હોર્સ પાવર શોધવા માટે પહેલાં એક મીનીટમાં થયેલું કામ ફુટ-પૈંડમાં શોધવું, અને જે આવે તેને ૩૩૦૦૦ ફુટ-પૈંડ વડે ભાગવા. જેમકે,

$P =$ દુર કરવામાં આવતો અવરોધ, દબાણ, જોર, અથવા ખેંચાણ, અને $S =$ એક મીનીટમાં પસાર થયેલું અંતર; ત્યારે,

$$\text{હોર્સ પાવર (H. P.)} = \frac{P \times S}{33000}, \therefore \text{H.P.} \times 33000 = P \times S,$$

$$P = \frac{\text{H. P.} \times 33000}{S}, \text{ અને } S = \frac{\text{H. P.} \times 33000}{P}.$$

એનજીનનાં હોર્સપાવર શોધવાની રીત—ધારો કે,

$P =$ પીસ્તન ઉપર દર ચોરસ ઇંચે કાર્ય કરતું સરેરાસ કાર્યસાધક દબાણ પૈંડમાં.

$d =$ પીસ્તનનો વ્યાસ ઇંચમાં.

$A =$ પીસ્તનનું ક્ષેત્રફળ ચોરસ ઇંચમાં $= d^2 \times 0.7854$.

$L =$ પીસ્તનનાં સ્ટ્રોકની લંબાઈ ફુટમાં.

$R =$ એક મીનીટમાં એનજીનનાં આંટા અથવા રેવોલ્યુશન્સ.

$N =$ એક મીનીટમાં એનજીનનાં સ્ટ્રોકની સંખ્યા $= 2 \times R$. ત્યારે

$$\begin{aligned} \text{પીસ્તન ઉપર કાર્ય કરતું કુલ દબાણ} &= P \times d^2 \times 0.7854 \\ &= P \times A. \end{aligned}$$

એક સ્ટ્રોકમાં પસાર થયેલું અંતર $= L$

$$\begin{aligned} \therefore \text{એક મીનીટમાં પસાર થયેલું અંતર} &= L \times 2 R \\ &= L \times N. \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{એક મીનીટમાં થયેલું કામ} &= \text{કુલ દબાણ} \times \text{એક મીનીટમાં અંતર} \\ &= P \times A \times L \times N \text{ ફુટ-પૈંડ.} \end{aligned}$$

$$\therefore \text{એનજીનનાં હોર્સપાવર (H. P.)} = \frac{PALN}{33000}$$

વળી જો $p =$ પીસ્તનના ક્ષેત્રફળનાં દર ચોરસ ફુટ ઉપર કાર્ય કરતું સરેરાસ દબાણ, અને $a =$ પીસ્તનનું ક્ષેત્રફળ ચોરસ ફુટમાં હોય તો,

એક મીનીટમાં થયેલું કામ $= paLN$ ફુટ-પૈંડ.

$$\therefore H. P. = \frac{paLN}{33000}$$

હવે $a \times L =$ એક સ્ટ્રોકમાં પીસ્તન વડે પસાર થતું ધનમાપ (volume) ધનફુટમાં થાય છે.

$\therefore a \times L \times N =$ દર મીનીટે પીસ્તન વડે પસાર થતું ધન માપ (volume) ધન ફુટમાં થશે.

ત્યારે એક મીનીટમાં થતું કામ $=$ દર ચોરસ ફુટ ઉપરનું સરેરાસ દબાણ પૈંડમાં \times દર મીનીટે પીસ્તન વડે પસાર થયેલું ધનમાપ (અથવા વોલ્યુમ) ધનફુટમાં છે, અને એનજીનનાં હોર્સ પાવર $=$ દર ચો. ફુટ ઉપરનું સરેરાસ દબાણ પૈંડમાં \times એક મીનીટમાં પસાર થતું ધનમાપ અથવા વોલ્યુમ ધનફુટમાં $\div 33000$.

દાખલો ૧૯—એક ઘોડો સપાટ સડક ઉપર એક ગાંડું ખેંચતાં ૮૦ પૈંડનું એક સરખું ચાલુ ખેંચાણ કરે છે. જો તે ઘોડો દર કલાકે ૩ માઇલની ઝડપે ચાલે તો તે કેટલા હોર્સ પાવર ઉત્પન્ન કરશે ?

એક કલાકમાં ઘોડો જે અંતર પસાર કરે છે તે $= ૩ \times ૫૨૮૦ = ૧૫૮૪૦$ ફુટ.

$$\therefore \text{એક મીનીટમાં પસાર થયેલું અંતર} = \frac{૧૫૮૪૦}{૬૦} = ૨૬૪ \text{ ફુટ.}$$

એક મીનીટમાં થયેલું કામ $= ૮૦ \times ૨૬૪$ ફુટ-પૈંડ.

$$\begin{aligned} \therefore \text{હોર્સપાવર} &= \frac{૮૦ \times ૨૬૪}{૩૩૦૦૦} \\ &= \underline{\underline{૦.૬૪ \text{ H. P.}}} \end{aligned}$$

દાખલો ૨૦—એક માણસ કે જેનું પોતાનું વજન ૧૬૦ પૈંડ છે તે એક ડુંગર ઉપર એક કલાકમાં ૨૪૦૦ ફુટની ઉભી ઉંચાઈ એક સરખી ઝડપે ચઢે છે. ખીજી વેળાએ તેજ માણસ એક દાદર ઉપર

એક સેકન્ડમાં ૪ ફુટની ઉંચાઈ ચઢે છે. તો દરેક બાબદમાં તે માણસે પોતાનું વજન ઉપાડવામાં કેટલા ઉપયોગી હોર્સપાવર ખર્ચ કર્યા હશે ?

$$(૧) \text{ એક મીનીટમાં ચઢવામાં આવતી ઉંચાઈ} = \frac{૨૪૦૦}{૬૦} = ૪૦ \text{ ફુટ}$$

$$\therefore \text{ હોર્સપાવર H. P.} = \frac{૧૬૦ \times ૪૦}{૩૩૦૦૦} = \underline{૦.૧૯૪} \text{ H. P.}$$

$$(૨) \text{ એક મીનીટમાં ચઢવામાં આવતી ઉંચાઈ} = ૪ \times ૬૦ = ૨૪૦ \text{ ફુટ}$$

$$\therefore \text{ હોર્સપાવર} = \frac{૧૬૦ \times ૨૪૦}{૩૩૦૦૦} = ૧.૧૬ \text{ H. P.}$$

દાખલો ૨૧—દર કલાકે ૨૫૦ હંડેડવેટ કોલસો ૯૦ ફૂધમ ઉંડી ખાણમાંથી ઉપાડવા માટે કેટલા હોર્સ પાવરનું એનજીન જોઈશે ?

એક કલાકમાં કરવાનું કામ = ૨૫૦ × ૧૧૨ × ૯૦ × ૬ ફુટ-પૌંડ

$$\therefore \text{ એક મીનીટમાં કામ} = \frac{૨૫૦ \times ૧૧૨ \times ૯૦ \times ૬}{૬૦} = ૨૫૨૦૦૦ \text{ ફુટ-પૌંડ}$$

$$\therefore \text{ હોર્સ પાવર} = \frac{૨૫૨૦૦૦}{૩૩૦૦૦} = \underline{૭.૬૩} \text{ H. P.}$$

દાખલો ૨૨—એક ૪૦ હોર્સ પાવરનાં એનજીન વડે ૧૨૦ ફુટ ઉંડા કુવામાંથી એક કલાકમાં કેટલા ધનફુટ પાણી બહાર કાઢી શકશે ?

એક મીનીટમાં ઉપાડવામાં આવતી ઉંચાઈ = $\frac{૧૨૦}{૬૦} = ૨$ ફુટ.

$$\text{H. P.} \times ૩૩૦૦૦ = P \times S$$

$$\therefore P = \frac{\text{H. P.} \times ૩૩૦૦૦}{S}$$

$$\text{ઉપાડવામાં આવતાં પાણીનું વજન પૌંડમાં} P = \frac{૪૦ \times ૩૩૦૦૦}{૨}$$

$$= ૬૬૦૦૦૦ \text{ પૌંડ}$$

એક ધનફુટ મીકાં પાણીનું વજન = ૬૨.૫ પૌંડ છે.

$$\therefore \text{ પાણીનું વોલ્યુમ ધનફુટમાં} = \frac{૬૬૦૦૦૦}{૬૨.૫} = \underline{૧૦૫૬૦} \text{ ધનફુટ}$$

દાખલો ૨૩—૧૦ હોર્સપાવરનું એક એનજીન એક ખાણમાંથી દર કલાકે ૧૫ ટન કોલસો ઉપાડી શકે છે તો તે ખાણની ઉંડાઈ કેટલા ફેધમ હશે ?

$$\text{એક મીનીટમાં થયેલું કામ} = \frac{૧૫ \times ૨૨૪૦ \times S'}{૬૦} \text{ ફુટ-પૌંડ}$$

$$\text{પણ H. P.} \times ૩૩૦૦૦ = \text{એક મીનીટમાં થતું કામ}$$

$$\therefore ૧૦ \times ૩૩૦૦૦ = \frac{૧૫ \times ૨૨૪૦ \times S'}{૬૦}$$

$$\therefore S' = \frac{૧૦ \times ૩૩૦૦૦ \times ૬૦}{૧૫ \times ૨૨૪૦} = ૫૮૯.૨૮ \text{ ફુટ}$$

$$\therefore \text{ખાણની ઉંડાઈ ફેધમમાં} = \frac{૫૮૯.૨૮}{૬} = \underline{\underline{૯૮.૨૧ \text{ ફેધમ}}}$$

દાખલો ૨૪—એક સ્ટીમ એનજીનનાં પીસ્તનનો વ્યાસ ૨૦ ઇંચ છે, અને પીસ્તનનાં ક્ષેત્રફળનાં દર ચોરસ ઇંચ દીઠ વરાળનું સરેરાસ કાર્યસાધક દબાણ ૫૦ પૌંડ છે. સ્ટ્રોકની લંબાઈ ૧૮ ઇંચ છે, અને દર મીનીટે તે એનજીન ૨૦૦ આંટા અથવા રેવોલ્યુશન્સ ફરે છે, તો તે એનજીનનાં હોર્સ પાવર શોધો ?

$$\text{H. P.} = \frac{\text{PALN}}{૩૩૦૦૦}$$

$$\text{પીસ્તનનું ક્ષેત્રફળ } A = ૨૦ \times ૨૦ \times ૦.૭૮૫૪ \text{ ચોરસ ઇંચ.}$$

$$\therefore \text{પીસ્તન ઉપરનું કુલ દબાણ} = P \times A = ૫૦ \times ૨૦ \times ૨૦ \times ૦.૭૮૫૪ \text{ પૌંડ.}$$

$$\text{એક સ્ટ્રોકમાં પીસ્તનની ચાલ } L = \frac{૧૮}{૨} = ૯ \text{ ફુટ}$$

$$\therefore \text{એક મીનીટમાં પીસ્તનની ચાલ} = L \times ૨ R = L \times N \\ = ૯ \times ૨ \times ૨૦૦ \text{ ફુટ.}$$

$$\therefore \text{H. P.} = \frac{૫૦ \times ૨૦ \times ૨૦ \times ૦.૭૮૫૪ \times ૯ \times ૨ \times ૨૦૦}{૩૩૦૦૦}$$

$$= \underline{\underline{૨૮૫.૬ \text{ H. P.}}}$$

દાખલો ૨૫—એક એનજીનનાં પીસ્તનનું ક્ષેત્રફળ ૧૩૭.૫ ચોરસ ઇંચ છે. વરાળનું સરેરાસ દબાણ દર ચોરસ ઇંચ દીઠ ૩૫ પૌંડ છે, અને કેંકની લંબાઈ ૧૮ ઇંચ છે, તો તે એનજીને ૭૦ હોર્સપાવર ઉત્પન્ન કરવા માટે દર મીનીટે કેટલા આંટા અથવા રેવોલ્યુશન્સ કરવાં જોઈશે ?

$$\text{સ્ટ્રોકની લંબાઈ} = ૨ \times \text{કેંકની લંબાઈ} = ૨ \times \frac{૧૮}{૨} = ૩ \text{ ફુટ}$$

$$H. P. \times ૩૩૦૦૦ = PALN.$$

$$\therefore N = \frac{H. P. \times ૩૩૦૦૦}{PAL} = \frac{૭૦ \times ૩૩૦૦૦}{૩૫ \times ૧૩૭.૫ \times ૩}$$

$$\therefore N = ૧૬૦ \text{ સ્ટ્રોક}$$

$$\therefore \text{એક મીનીટમાં આંટા} = \frac{૧૬૦}{૨} = \underline{૮૦}$$

દાખલો ૨૬—એક “ઓટો સાઈકલ” અથવા “ફોર સાઈકલ” ગેસ એનજીનનાં પીસ્તનનો વ્યાસ ૧૦ ઇંચ છે. સ્ટ્રોકની લંબાઈ ૧૫ ઇંચ, અને દર મીનીટે આંટા અથવા રેવોલ્યુશન્સની સંખ્યા ૨૪૦ છે. તે એનજીન ૪૦ હોર્સપાવર ઉત્પન્ન કરે છે, તો પીસ્તન ઉપર કાર્ય કરતું ગેસનું સરેરાસ દબાણ દર ચોરસ ઇંચ દીઠ કેટલું હશે ?

નોટ—ઓટો સાઈકલ અથવા ફોર સાઈકલ ગેસ અથવા ઓઈલ એનજીનમાં બે આંટા અથવા રેવોલ્યુશન્સ દીઠ માત્ર એક કાર્ય કરતો સ્ટ્રોક હોય છે, માટે આ દાખલામાં કાર્ય કરતા સ્ટ્રોકની સંખ્યા $= \frac{૨૪૦}{૨} = ૧૨૦$ લેવાની છે.

$$H. P. \times ૩૩૦૦૦ = PALN$$

$$\therefore P = \frac{H. P. \times ૩૩૦૦૦}{ALN} = \frac{૪૦ \times ૩૩૦૦૦}{૧૦ \times ૧૦ \times ૭૮.૫ \times ૧૨૦}$$

$$= \underline{૧૧૨.૦૪ \text{ પૌંડ}}$$

દાખલો ૨૭—એક પટા એનજીનનાં ફ્લાઈ વ્હીલ ઉપરથી ખીંજી પુલી ઉપર ૨૦ હોર્સપાવરનો સંચાર કરે છે. પટા ઉપરનું કાર્ય સાધક તાણ અથવા ખેંચાણ (tension) તેની પહોળાઈના દર ઇંચ

દીઠ ૭૫ પૌંડ છે. પટાની પહોળાઈ ૮ ઇંચ છે, તો દર મીનીટ પટાની ઝડપ કેટલા ફુટ હશે ?

પટા ઉપરનું કુલ તાણ અથવા ખેંચાણ = ૭૫ × ૮ = ૬૦૦ પૌંડ

$$P \times S = H. P. \times 33000$$

$$\therefore S = \frac{H. P. \times 33000}{P} = \frac{20 \times 33000}{600}$$

$$= \underline{1100 \text{ ફુટ}}$$

દાખલો ૨૮—એક એનજીનની ડ્રાઈવીંગ પુલીનો વ્યાસ ૩૬ ઇંચ છે અને તે દર મીનીટ ૧૮૦ આંટા અથવા રેવોલ્યુશન્સ ફરે છે, અને તેમ ફરતાં તેની રીમ ઉપરથી પસાર થતા પટાની મદદ વડે ૮ હોર્સ પાવરનો સંચાર કરે છે, તો પુલીની રીમને નડતો અવરોધ કેટલા પૌંડ હશે ?

પુલીનાં એક આંટા અથવા રેવોલ્યુશનમાં પટાનો વેગ

$$\text{અથવા ઝડપ} = \text{પુલીનો પરિઘ} = \frac{36}{12} \times 3.1416 \text{ ફુટ}$$

$$\therefore \text{એક મીનીટમાં પટાની ઝડપ} = 3 \times 3.1416 \times 180 \text{ ફુટ}$$

$$\text{પણ } P \times S = H. P. \times 33000$$

$$\therefore P = \frac{H. P. \times 33000}{S} = \frac{8 \times 33000}{3 \times 3.1416 \times 180}$$

$$= \underline{155.6 \text{ પૌંડ}}$$

દાખલો ૨૯—એક પાણુમાંથી ત્રણ ગુદી ગુદી સપાટીએથી પાણીને પમ્પ વડે બહાર કાઢવાનું છે, જે સપાટીઓ અનુક્રમે ૬૦, ૩૦, અને ૮૦ ફેધમ ઉંડી છે. પહેલીમાંથી ૬૦૦ ધનફુટ, બીજીમાંથી ૨૮૦ ધનફુટ, અને ત્રીજીમાંથી ૫૦૦ ધનફુટ પાણી દર કલાકે પમ્પ વડે બહાર કાઢવાનું છે, તો તે માટે એનજીનનાં કેટલા હોર્સ પાવરનો ખર્ચ થશે ?

પહેલી સપાટીએથી પાણી બહાર કાઢતાં એક કલાકમાં થતું કામ = ૬૦૦ × ૬૨.૫ × ૬૦ × ૬ ફુટ-પૌંડ.

બીજીમાંથી કાઢતાં દર કલાકે થતું કામ = ૨૮૦ × ૬૨.૫ × ૩૦ × ૬ ફુટ-પૌંડ

ત્રીજીમાંથી કાઢતાં દર કલાકે થતું કામ = ૫૦૦ × ૬૨.૫ × ૮૦ × ૬ ફુટ-પૌંડ

$$\begin{aligned}
 \therefore \text{ત્રણે સપાટીએથી પાણીને બહાર કાઢતાં દર કલાકે થતું કુલ કામ} \\
 = ૬ \times ૬૨ \cdot ૫ \left\{ (૬૦૦ \times ૬૦) + (૨૮૦ \times ૩૦) + (૫૦૦ \times ૮૦) \right\} \\
 = ૩૭૫ \left\{ ૩૬૦૦૦ + ૮૪૦૦ + ૪૦૦૦૦ \right\} \text{ ફુટ-પૈાંડ} \\
 = ૩૭૫ \times ૮૪૪૦૦ \text{ ફુટ-પૈાંડ} \\
 = ૩૧૬૫૦૦૦૦ \text{ ફુટ-પૈાંડ}
 \end{aligned}$$

$$\therefore \text{હોર્સ પાવર} = \frac{૩૧૬૫૦૦૦૦}{૬૦ \times ૩૩૦૦૦} = \underline{૧૫૦૯૮૪ \text{ H. P.}}$$

દાખલો ૩૦—દર ચોરસ ઇંચે ૮૨૫ પૈાંડનાં દબાણવાળું પાણી એક ચોરસ ફુટ ક્ષેત્રફળવાળા પીસ્તન ઉપર એક ફુટ લાંબા સ્ટ્રોક સુધી કાર્ય કરે છે, તો એવાં એક ધનફુટ અને એક ગેલન પાણી વડે કેટલું કામ થશે? જે એક લાઇટ્ગોલીક કુમ્પની (પાણી પુરું પાડનારી કુમ્પની) આ દબાણવાળું પાણી દર ૧૦૦૦ ગેલન દીઠ એક રૂપીઆનાં ભાવે પુરું પાડે તો એક આના દીઠ કેટલું કામ મળશે?

દર ચોરસ ઇંચે ૮૨૫ પૈાંડ દબાણવાળાં એક ધનફુટ પાણી વડે થતું કામ ફુટ-પૈાંડમાં=એક ચોરસ ફુટ ઉપરનું દબાણ×ધનમાપ અથવા વોલ્યુમ ધનફુટમાં (જે અંતે ૧ ધનફુટ છે.)

$$\begin{aligned}
 &= ૮૨૫ \times ૧૪૪ \times ૧ \\
 &= \underline{૧૧૮૮૦૦ \text{ ફુટ-પૈાંડ}}
 \end{aligned}$$

એક ધનફુટ મીઠાં પાણીનાં $\frac{૬૨}{૬}$ ગેલન થાય છે.

$$\begin{aligned}
 \therefore \text{એક ગેલન પાણી વડે થતું કામ} &= \frac{૧૧૮૮૦૦}{૬ \cdot ૨૫} \\
 &= \underline{૧૯૦૦૮ \text{ ફુટ-પૈાંડ}}
 \end{aligned}$$

દર ચોરસ ઇંચે દીઠ ૮૨૫ પૈાંડનાં દબાણવાળા ૧૦૦૦ ગેલન વડે થતું કામ = ૧૯૦૦૮ × ૧૦૦૦ ફુટ-પૈાંડ.

$$= ૧૯૦૦૮૦૦૦ \text{ ફુટ-પૈાંડ.}$$

અને ૧૯૦૦૮૦૦૦ ફુટ-પૈાંડ કામ એક રૂપીઆની કિંમતમાં મળે છે.

$$\begin{aligned}
 \therefore \text{એક આના દીઠ મળતું કામ} &= \frac{૧૯૦૦૮૦૦૦}{૧૬} \\
 &= \underline{૧૧૮૮૦૦૦ \text{ ફુટ-પૈાંડ}}
 \end{aligned}$$

દાખલો ૩૮—એક કલાક સુધી એક હોર્સ પાવરનો ખર્ચ કરવામાં આવે છે તો તે શક્તિ (energy) ટુટ-પૌંડમાં દર્શાવો? એક હાઇડ્રોલીક કુમ્પની દર ચોરસ ઇંચે ૬૫૦ પૌંડ દબાણનું ૧૦૦૦ ગેલન પાણી ૧૮ આનાની કિંમતે પુરૂં પાડે તો દર કલાકે દર હોર્સ પાવર દીઠ કેટલો ખર્ચ આવશે? બીજી કુમ્પની ૨૮૦ ટુટના “હેડ” (head)નું પાણી પુરૂં પાડે છે તો તે પાણી દર ૧૦૦૦ ગેલન દીઠ શું ભાવે ખરીદ કરવું જોઈએ કે જેથી પહેલાનાં જેટલી કિંમતમાં જોઈતી શક્તિ (energy) મળી શકે.

(૧) એક કલાકમાં એક હોર્સ પાવર અથવા એક હોર્સ પાવર-અવરની શક્તિ = 33000×60
 = ૧૯૮૦૦૦૦ ટુટ-પૌંડ

(૨) દર ચો. ઇંચે દીઠ ૬૫૦ પૌંડવાળાં એક ઘનફુટ પાણી વડે થતું કામ = દર ચો. ફુટ ઉપરનું દબાણ \times પસાર થતું ઘનમાપ અથવા વોલ્યુમ ઘનફુટમાં (જે અંચે ૧ ઘનફુટ છે.)

$$= 650 \times 144 \times 1 = 93600 \text{ ટુટ-પૌંડ}$$

ટુટ-પૌંડ ટુટ-પૌંડ ગેલન
 93600 : 1980000 :: ૬.૨૫ : દર કલાકે દર હોર્સ પાવર દીઠ
 ખપતું પાણી ગેલનમાં

$$\therefore \text{દર કલાકે દર હોર્સ પાવર દીઠ ખપતું પાણી ગેલનમાં} = \\ = \frac{1980000 \times 6.25}{93600} = \frac{123950}{936} \text{ ગેલન}$$

ગેલન ગેલન આના
 ૧૦૦૦ : $\frac{123950}{936}$:: ૧૮ : દર કલાકે દર હો. પા. દીઠ ખર્ચ આનામાં

$$\therefore \text{દર કલાકે દર હો. પા. દીઠ કિંમત (ખર્ચ)} = \frac{123950 \times 18}{936 \times 1000} \\ = \underline{\underline{2.38 \text{ આના}}}$$

(૩) નોટ—મીઠાં પાણીનો એક સ્થંભ કે જેનું ક્ષેત્રફળ એક ચોરસ ઇંચ અને ઉંચાઈ ૨.૩૦૪ ફુટ હોય તેનું વજન એક પૌંડ થાય છે, એટલે તે દર ચોરસ ઇંચ ઉપર એક પૌંડનું દબાણ કરે છે. ખીજા શબ્દોમાં કહીએ તો જે ઉંચાઈએ પાણીને ટાંકી અથવા કોઈ વાસણમાં મુકવામાં આવ્યું હોય તો તે ઉંચાઈનાં દર ૨.૩૦૪ ફુટ દીઠ તે દર ચોરસ ઇંચે એક પૌંડનું દબાણ કરે છે, અથવા તે પાણીનું દબાણ દર ચોરસ ઇંચે ૧ પૌંડ છે, અને આ ઉંચાઈને “હેડ” (“head”) કહેવામાં આવે છે. આ દાખલામાં પાણીનો “હેડ” ૨૮૦ ફુટ છે.

∴ ૨૮૦ ફુટના “હેડ”વાળા પાણીનું દર ચોરસ ઇંચ દીઠ દબાણ = $\frac{૨૮૦}{૨.૩૦૪} = ૧૨૧.૫$ પૌંડ દર ચો. ઇંચ દીઠ જે અમુક કામ કરવા માટે દર ચોરસ ઇંચ દીઠ ૬૫૦ પૌંડ દબાણવાળું ૧૦૦૦ ગેલન પાણી ખપે તો તેટલુંજ કામ કરવા માટે દર ચોરસ ઇંચે ૧૨૧.૫ પૌંડ દબાણવાળું પાણી એક હજાર ગેલન કરતાં વધુ ગેલન ખપશે, એટલે વ્યસ્થ (ઉલટું) પ્રમાણ થશે.

પૌંડ દબાણ પૌંડ દબાણ ગેલન
∴ ૧૨૧.૫ : ૬૫૦ :: ૧૦૦૦ : દર ચો. ઇંચે ૧૨૧.૫ પૌંડ દબાણવાળા પાણીનાં ખપતા ગેલન

∴ દર ચો. ઇંચે ૧૨૧.૫ પૌંડ દબાણવાળા પાણીનો નોંધતો

$$\text{જથ્થો ગેલનમાં} = \frac{૬૫૦ \times ૧૦૦૦}{૧૨૧.૫} = \frac{૬૫૦૦૦૦}{૧૨૧.૫} \text{ ગેલન}$$

પણ આપણને પહેલાંનાં નોંટલીજ કિંમતમાં શક્તિ મેળવવાની છે, માટે ૨૮૦ ફુટનાં “હેડ”વાળું $\frac{૬૫૦૦૦૦}{૧૨૧.૫}$ ગેલન પાણી ૧૮ આનાની કિંમતે ખરીદવું નોંધએ.

ગેલન ગેલન આના
∴ $\frac{૬૫૦૦૦૦}{૧૨૧.૫} : ૧૦૦૦ :: ૧૮ : ૨૮૦$ ફુટનાં “હેડ”વાળાં

પાણીનાં દર એક હજાર ગેલન દીઠ કિંમત
∴ ૨૮૦ ફુટનાં “હેડ”વાળાં પાણીનાં દર એક હજાર ગેલન

$$\text{દીઠ કિંમત} = \frac{૧૦૦૦ \times ૧૮ \times ૧૨૧.૫}{૬૫૦૦૦૦} = \underline{\underline{૩.૩૬}} \text{ આના}$$

એકસર્સાઈઝ ૨૭.

૧. કામનો એકમ એટલે શું? ૫૦ પૌંડનું વજન ૧૫ ફુટની ઉંચાઈએ ઉપાડતાં કેટલું કામ થશે?

૨. એક માણસ કે જેનું પોતાનું વજન ૧૩૦ પૌંડ છે તે ૪૦ પૌંડનાં વજનની પોતાની બાઈસીકલને મોહલાની સપાટીથી ૨૦ ફુટ ઉંચે આવેલા માળ ઉપરનાં ચોરડામાં ઉંચકીને લઈ જાય છે, તો તે માણસને કેટલા ફુટ-પૌંડ કામ કરવું પડશે?

૩. એક ઘોડો ભારવાળાં ગાડાંને ખેંચી જવામાં ૧૨૦ પૌંડનું ચાતુ ખેંચાણુ કરે છે. જે ઘોડો દર કલાકે ૩ માઈલની ઝડપે દોડે તો ૧૫ મીનીટમાં કેટલું કામ થશે?

૪. જોર (force) અને જોર વડે થયેલું કામ (work) વચ્ચેનો તફાવત સમજાવો. એક ઘોડો દર કલાકે ૩ માઈલની ઝડપે દોડી ૫ મીનીટમાં ૩૫૫૫૦ ફુટ-પૌંડ કામ કરે છે, તો તે ઘોડો ચાતુ ખેંચાણુ કેટલું કરતો હશે?

૫. એક ઘોડો પુલી ઉપરથી પસાર થતાં દોરડાંની મદદ વડે કુવામાંથી પાણી ખેંચવા માટે કામે લગાડવામાં આવ્યો છે. એમ માલમ પડ્યું છે કે તે ઘોડો ૧૦ મીનીટમાં ૨૨૮૮૦૦ ફુટ-પૌંડ કામ કરે છે, અને તેમ કરતાં તે ૧૦૪ પૌંડનું ચાતુ ખેંચાણુ કરે છે, તો તે દર કલાકે કેટલા માઈલની ઝડપે દોડતો હશે?

૬. એક ફીડ પમ્પ એક બોયલરમાં પાણી પુરું પાડે છે. તે બોયલરમાં દયાણુ વાતાવરણુ ઉપરાંત દર ચોરસ ઈંચે ૧૬૦ પૌંડ છે, તો બોયલરમાં પુરાં પાડેલાં દર પૌંડ પાણી દીઠ કેટલા ફુટ-પૌંડ કામ થશે.

૭. એક પન્ચીંગ મશીન (પંચ વડે વેહ પાડવાનું યંત્ર) ઉપર એક ફલાઈ વ્હીલ આપેલું છે, કે જે ફલાઈ વ્હીલને ત્રણ મીનીટમાં

પંચ વડે બે વેલ પાડે એટલી ઝડપે એક એનજીન વડે ચલાવવામાં આવે છે. જે પ્લેટમાં વેલ પાડવાનાં છે તેની જગ્યાએ એક ઈચિ છે, અને એમ ગણતરી કરવામાં આવી છે કે આ મશીન એક ફુટને અંતરે ૬૯ ટનનું સરેરાસ દબાણ કરે છે, તો એક મીનીટમાં તે મશીન વડે થતું સરેરાસ કામ શોધો? વળી તે મશીનને ચલાવવા માટે કેટલા હોર્સ પાવર જોઈશે?

૮. ૨૦ ફુટ લાંબો એક સરખો ખીમ કે જેનું વજન ૩૦ હંડ્રેડવેટ છે તે જમીન ઉપર આડો પડેલો છે, તો આ ખીમને તેનાં એક છેડા ઉપર ફેરવીને ઉપાડી ઉભી દિશામાં ઉભો કરતાં કેટલું કામ થશે?

(નોટ—ખીમનું ગુરત્વ મધ્યર્થિદુ તેનાં કોઈપણ એક છેડાથી ૧૦ ફુટ દુર છે. એટલે આ ખીમનું સઘળું વજન જાણે ગુરત્વ મધ્યર્થિદુ ઉપર કાર્ય કરે છે. વળી ખીમને ઉપાડવાની ક્રિયા દરમ્યાન આ ગુરત્વ મધ્યર્થિદુ એક આર્ક (arc) દોરે છે જે વર્તુલનાં પરિઘનો પા ભાગ છે, અને આ વર્તુલનું મધ્ય ખીમનાં છેડા આગળ જમીન સાથે સંબંધમાં છે, તેટલા માટે જે ઉભી ઉંચાઈએ ગુરત્વ મધ્યર્થિદુ ઉપાડવામાં આવે છે તે ૧૦ ફુટ છે).

૯. એક પંપનાં બેરલનો વ્યાસ ૮ ઈચિ છે, અને તે ૫૪ વારની ઉંચાઈએ પાણીને ઉપાડે છે, તો ઉપાડવામાં આવતા પાણીનાં સ્થંભ (Column)નું વજન શોધો? આ પંપનો સ્ટ્રોક ૯ ઈચ, અને દર મીનીટે સ્ટ્રોકની સંખ્યા ૮ હોય તો એક કલાકમાં થયલું કામ શોધો?

૧૦. નીચે આપેલી સંજ્ઞાઓ (Terms) સમજાવો:—

ફોર્સ, વિશિષ્ટ ગુરત્વ, કામનો એકમ, અને હોર્સપાવર.

એક પુલી ઉપર ફરતા પટાની ઝડપ દર મીનીટે ૭૫૦ ફુટ છે. અને તે ઉપર કાર્યસાધક તાણુ અથવા ખેંચાણુ પર ૮ પૌંડ છે, તો તે પટો કેટલા હોર્સપાવરનો સંચાર કરશે?

૧૧. એક પટો ૭ હોર્સપાવરનો સંચાર કરે છે, અને તેની ઝડપ દર મીનીટે ૬૦૦ ફુટ છે. પટાની પહોળાઈ ૫ ઈંચ છે, તો પટાની પહોળાઈનાં દર ઈંચ દીઠ તે ઉપર આવતું કાર્યસાધક તાણુ શોધો ?

૧૨. એક પટો ૧૦ હોર્સપાવરનો સંચાર કરે છે, અને તે ઉપર આવતું કાર્યસાધક તાણુ તેની પહોળાઈનાં દર ઈંચ દીઠ ૫૦ પૈંડ છે. પટાની પહોળાઈ ૮ ઈંચ છે, તો તે પટો દર મીનીટે કેટલા ફુટની ઝડપે ચાલશે ?

૧૩. ૧૪ એક હોર્સપાવરનાં એક ઓધલિ એનજીનની પુલી ઉપરથી તે ઉપર ફરતા પટાની મદદ વડે કારખાનાને ચલાવનારી શાફ્ટ ઉપર પાવરનો સંચાર કરવામાં આવે છે. એનજીનની પુલીનો વ્યાસ ૩૬ ઈંચ છે, અને તે દર મીનીટે ૨૦૦ આંટા અથવા રેવોલ્યુશન્સ કરે છે, તો પુલીની રીમને નડનો અવરોધ કેટલા પૈંડ હશે ?

૧૪. એક એનજીનનાં ફ્લાઈ વ્હીલનો વ્યાસ ૧૨ ફુટ છે, અને તે દર મીનીટે ૫૦ આંટા ફરે છે. તેની રીમ ઉપર ફરતાં દોરડાં વડે ખીજી પુલી ઉપર પાવરનો સંચાર કરવામાં આવે છે. દોરડાં ઉપરનું ચલાવનારું જ્વેર ૧૮૦ પૈંડ છે એમ ગણત્રીથી માલમ પડ્યું છે, તો કેટલા હોર્સપાવર સંચાર થયા હશે ?

૧૫. એક સ્ટીમ એનજીનનાં પીસ્તનનું ક્ષેત્રફળ ૯૨૫ ચોરસ ઈંચ છે, અને વરાળનું સરેરાસ દબાણુ દર ચોરસ ઈંચે ૩૫ પૈંડ છે. સ્ટ્રોકની લંબાઈ ૪૮ ઈંચ છે અને દર મીનીટે રેવોલ્યુશન્સની સંખ્યા ૯૦ છે, તો તે એનજીનનાં હોર્સપાવર શોધો ?

૧૬. એક એનજીનનાં સીલીન્ડરનો વ્યાસ ૩૦ ઈંચ છે, અને પીસ્તન ઉપર કાર્ય કરતું સરેરાસ દબાણુ દર ચોરસ ઈંચે ૧૧૦ પૈંડ છે. સ્ટ્રોકની લંબાઈ ૧૫ ઈંચ, અને દર મીનીટે આંટાની સંખ્યા ૧૪૦ છે, તો હોર્સપાવર શોધો ?

૧૭. ૧૫૦ હોર્સપાવરનાં એક એનજીનનાં પીસ્તનનો વ્યાસ ૨૭ ઈંચ છે, અને પીસ્તન ઉપર કાર્ય કરતું વરાળનું સરેરાસ દબાણુ ૪૦ પૈંડ છે. જો દર મીનીટે આંટાની સંખ્યા ૭૦ હોય તો સ્ટ્રોકની લંબાઈ શોધો ?

૧૮. એક સ્ટીમ એનજીન ૯૦ હોર્સપાવર ઉત્પન્ન કરે છે. પીસ્તન ઉપર કાર્ય કરતું વરાળનું સરેરાસ દબાણ દર ચોરસ ઈંચે ૪૨ પૌંડ છે, સ્ટ્રોકની લંબાઈ ૩૦ ઈંચ છે, અને દર મીનીટે થતા સ્ટ્રોકની સંખ્યા ૧૪૦ છે, તો સીલીન્ડરનો વ્યાસ કેટલો હશે ?

૧૯. બે સીલીન્ડરવાળાં એક લોકોમોટીવ એનજીનમાં દરેક સીલીન્ડરનો વ્યાસ ૧૭ ઈંચ છે. સ્ટ્રોકની લંબાઈ ૨૪ ઈંચ, અને સરેરાસ કાર્યસાધક દબાણ દર ચોરસ ઈંચે ૮૦ પૌંડ છે. ડ્રાઈવીંગ વ્હીલનો વ્યાસ ૬ ફુટ, અને એનજીન તથા ત્રેનની ઝડપ દર કલાકે ૩૦ માઈલ છે, તો તે એનજીનનાં હોર્સપાવર શોધો ?

૨૦. એક એનજીનનાં પીસ્તનનો વ્યાસ ૨૨ ઈંચ છે, અને સ્ટ્રોકની લંબાઈ ૩૦ ઈંચ છે. તે એનજીન દર મીનીટે ૮૦ આંટા ફરી ૧૬૦ હોર્સપાવર ઉત્પન્ન કરે છે, તો પીસ્તનનાં ક્ષેત્રફળનાં દર ચોરસ ઈંચ દીઠ વરાળનું સરેરાસ દબાણ કેટલું હશે ?

૨૧. એક ગેસ એનજીનની કેંક શાફ્ટ દર મીનીટે ૧૫૦ આંટાની ઝડપે ફરી એક સરખી રીતે ૨૦ હોર્સપાવર ઉત્પન્ન કરે છે, તો દર “ સાઈકલ ” દીઠ કેટલા ફુટ-પૌંડ કામ આપશે ?

૨૨. એક એનજીનની કેંક ૯ ઈંચ લાંબી છે, અને કેંકપીન ઉપર સ્પર્શરેખા (tangent)ની દિશામાં કાર્ય કરતું સરેરાસ ચલાવનારું દબાણ અથવા બળ ૧૨૦૦ પૌંડ છે. કેંકશાફ્ટ દર મીનીટે ૨૦૦ આંટા ફરે છે, તો (૧) એક આંટા એટલે રેવોલ્યુશનમાં થતું કામ શોધો, (૨) એક મીનીટમાં થતું કામ શોધો, અને (૩) એનજીનનાં હોર્સપાવર શોધો ?

૨૩. એક ૧૫ હોર્સપાવરનું એનજીન ૧૨૦ ફ્રેઝમની ઉંડાઈએથી કેટલા ગેલન પાણી ઉપાડી શકશે ?

૨૪. દોઢ ટનનાં વજનની એક મશીનરીની પેટીને એક કેનની મદદ વડે ૨૦ સેકન્ડમાં ભોંયતળીએથી ૬૦ ફુટ ઉંચે આવેલા માળ ઉપર ઉપાડી મુકવામાં કેટલા હોર્સપાવરનો ખર્ચ થશે ?

૨૫. ૩ હોર્સપાવરનું એક એનજીન ૯૦ ફૂટમાંથી ખાણમાંથી દર કલાકે કેટલા હન્ડ્રેડવેટ કોલસો ઉપાડી શકશે ?

૨૬. એક એનજીન વડે ૪૨૨૪ ધનપુટ પાણીને એક કલાકમાં ૩૦ વારની ઉંડાઈએથી ઉપાડવું છે, તો આ કામ માટે કેટલા હોર્સ પાવરનું એનજીન જોઈશે ?

૨૭. એક એકસપ્રેસ ટ્રેનને દર કલાકે ૪૦ માર્ગિની ઝડપે દોડાવવા માટે તેનાં એનજીનને ૧૯૨ હોર્સપાવરનો ખર્ચ કરવો પડે છે, તો તે એનજીનને પોતાનું તેમજ પોતાની પાછળ જોડેલી ટ્રેનનું વજન ખેંચવા માટે કેટલા પૌંડનું ચાલુ ખેંચાણ કરવું પડશે ?

૨૮. એક ખાણમાંથી ચાર જુદી જુદી સપાટીએથી પાણી પમ્પ વડે બહાર કાઢવાનું છે, જે સપાટીઓ અનુક્રમે ૪૦, ૫૦, ૬૦, અને ૮૦ ફૂટમાંથી છે. પહેલીમાંથી ૨૫૦ ધનપુટ, બીજીમાંથી ૩૦૦ ધનપુટ, ત્રીજીમાંથી ૪૨૫ ધનપુટ, અને ચોથીમાંથી ૬૦૦ ધનપુટ પાણી દર કલાકે બહાર કાઢવાનું છે, તો આ કામ માટે જોઈતા એનજીનનાં હોર્સપાવર શોધો.

૨૯. એક કુવામાં પાણીની સપાટી ૨૦ ફુટ ઉંડી છે, અને બ્યારે તેમાંથી ૫૦૦ ગેલન પાણી પમ્પ વડે બહાર કાઢ્યું ત્યારે પાણીની સપાટી ૨૬ ફુટ નીચે ઉતરી છે, તો આ ક્રિયા દરમ્યાન કેટલા ફુટ-પૌંડ કામ થશે ?

૩૦. એક ૫ ફુટ વ્યાસનાં અને ૭૫ ફુટ ઉંડા પાણીથી છલાછલ બરેલા કુવામાંથી સઘળાં પાણીને પમ્પ વડે બહાર કાઢતાં કેટલા ફુટ-પૌંડ કામ થશે ?

૩૧. ૫૦ ફુટ ઉંચી, ૧૨ ફુટ લાંબી, અને ૨ $\frac{૩}{૪}$ ફુટ જાડી ઈંટની દીવાલ બાંધવા માટે ઈંટ વીગેરે સામનને ઉપાડવામાં કેટલા ફુટ-પૌંડ કામ થશે ? એક ધન ફુટ ઈંટનાં બાંધકામનું વજન ૧૧૨ પૌંડ છે.

૩૨. એક સાંકળ કે જેનું વજન દર ફુટ લંબાઈ દીઠ ૧૦ પૌંડ છે તેને એક છેડેથી એક ડ્રમ ઉપરથી લટકાવવામાં આવી છે. સાંકળની

લંબાઈ ૨૪૦ ફુટ છે, તો તે સાંકળને ડૂમ ઉપર લપેટતાં કેટલું કામ થશે ?

૩૩. એક સાંકળ જે ૩૦ ફુટ લાંબી છે તે જમીન ઉપર ગુંછળું વળાને પડેલી છે, તેનું વજન દર વારની લંબાઈ દીઠ ૧૦૦ પૌંડ છે, તો તે સાંકળનો ઉપલો છેડો પકડી તેને જમીન ઉપરથી ઉપાડતાં કેટલું કામ થશે ?

૩૪. એક દોરડાંને ડૂમ ઉપર વિંટાળી તેને છેડે બાંધેલું ૩ હંડોડ-વેટનું વજન ૬૫ ફુટની લંબાઈએ ઉપાડવામાં આવે છે. દોરડાંનું વજન દર ફુટ લંબાઈ દીઠ ૪ પૌંડ છે, તો (૧) જ્યારે તે દોરડાંને ડૂમ ઉપર પુરેપુરું વિંટાળવામાં આવે ત્યારે કેટલું કામ થશે, અને (૨) તે દોરડાંની ૪૦ ફુટ લંબાઈ વિંટાળવામાં આવે ત્યારે કેટલું કામ થશે ?

૩૫. એક સાંકળને એક છેડેથી ડૂમ ઉપર લટકાવી છે. તેની લંબાઈ ૧૫૦ ફુટ છે, અને તેનું વજન દર ફુટ લંબાઈ દીઠ ૮ પૌંડ છે, તો (૧) તે સાંકળ ડૂમ ઉપર વિંટાળતાં કેટલું કામ થશે ? અને (૨) તે સાંકળનાં નીચલા છેડાને તે ઉપલા છેડાને જઈ મળે તેમ ઉપાડતાં કેટલું કામ થશે ?

૩૬. એક સાંકળ કે જેનું વજન દર ફુટ લંબાઈ દીઠ ૧૦ પૌંડ છે, તે એક ડૂમ ઉપરથી એવી રીતે પસાર થયેલી છે કે એક બાજુ ઉપર ૧૮ ફુટ અને બીજી બાજુ ઉપર ૮ ફુટ લટકતી રહે છે. જો હવે તે ડૂમને એવી રીતે ફેરવીએ કે જેથી સાંકળનો ઉપલો છેડો નીચલા છેડાથી ૨ ફુટ ઉપર રહે તો તે ક્રિયામાં કેટલું કામ થશે ?

૩૭. એક દોરડું L ફુટ લાંબું છે, અને તેનું વજન દર ફુટ લંબાઈ દીઠ W પૌંડ છે. તેને એક છેડેથી બેરલ ઉપરથી લટકાવેલું છે, તો તે દોરડું તેની લંબાઈનાં N ફુટ વિંટાળતાં કેટલું કામ થશે, તથા સંપૂર્ણ વિંટાળતાં કેટલું કામ થશે ?

૩૮. જો $L=૧૦૦$ ફુટ, $W=૧૦$ પૌંડ, અને $N=૬૦$ ફુટ હોય તો થયેલું કામ દાખલા ૩૭માં આવેલી ફોર્મ્યુલા લાગુ પાડી નક્કી કરો.

૩૯. એક સાંકળનું વજન દર ફુટ લંબાઈ દીઠ ૫ પૌંડ છે અને તેને ડૂમ ઉપર એક છેડેથી લટકાવેલી છે. તે સાંકળની લંબાઈ ૨૪૦

કુટ છે, તો તેની દરેક ૬૦ કુટ લંબાઈ વિંટાળતાં કેટલું કામ થશે ? વળી તે સાંકળ આખી વિંટાળતાં જે કામ થાય તેનું બેવડું કામ થવા માટે સાંકળની લંબાઈ કેટલી હોવી જોઈએ ?

૪૦. ૨૫ પૌંડનું જોર એક સર્પાકાર સ્પ્રીંગ (Spiral Spring) ને એક ઈંચ લંબાવે છે, તો તેને વારાફરતી ૧ ઈંચ, ૨ ઈંચ, ૪ ઈંચ, ૫ ઈંચ, અને ૭ ઈંચ લંબાવતાં કેટલા ઈંચ-પૌંડ કામ થશે ?

૪૧. ૫ હંફેડવેટ વજનનાં પદાર્થને ૭૦ ફેધમની ઉંડાઈએથી એક દોરડાં વડે ઉપાડવામાં આવે છે, જે દોરડાંનું વજન દર કુટ લંબાઈ દીઠ ૧.૫ પૌંડ છે, તો કેટલા કામનાં એકમનો ખર્ચ થશે ? અને તે પદાર્થને ૬ મીનીટમાં ઉપાડતાં કેટલા હોર્સપાવર જોઈશે ?

૪૨. બે ધન ટાંકીઓ જેમનાં તળીયાં અનુક્રમે ૫ કુટ અને ૧૦ કુટ ચોરસ છે તેમને એક બીજી ઉપર એવી રીતે મુકેલી છે કે મોટી ટાંકીનું તળીયું નાની ટાંકીનાં તળીયાંથી ૧૫ કુટ ઉંચે રહે છે. નાની ટાંકી પાણીથી ભરેલી છે, અને તે ટાંકીમાંનું પાણી ખાલી કરી ઉપલી ટાંકીમાં પમ્પ વડે ભરવું છે, તો તે ક્રિયામાં કેટલું કામ થશે ? વળી આ કામ ૧૦ મીનીટમાં પુરું કરતાં કેટલા હોર્સપાવરનો ખર્ચ થશે ?

૪૩. એક પ્લેનીંગ મશીન કે જે બન્ને દીશામાં કાપે છે તેની ટ્રેવલની ચાલ (travel) ૯ કુટ છે. કાપતી વેળાએ ઓબ્જર (tool) ને નડતો અવરોધ ૪૦૦ પૌંડ છે એવી ગણતરી કરવામાં આવી છે. જો એક કલાકમાં થતા બેવડા સ્ટ્રોકની સંખ્યા ૪૦ હોય તો તે મશીન કેટલા હોર્સપાવર ખપાવશે તે શોધો.

૪૪. ૨૦ કુટ લાંબી, ૧૦ કુટ પહોળી, અને ૮ કુટ ઉંડી એક ટાંકીને ૮ કુટ વ્યાસનાં અને ૪૦ કુટ ઉંડા એક કુવામાંથી પાણી પંપ વડે ખેંચી ભરવાની છે. ધારે કે ટાંકી ભરવાની ક્રિયા દરમ્યાન કુવામાં પાણી વહેતું નથી, તો કુવામાં પાણીની સપાટી કેટલા કુટનીચે ઉતરશે ? જો આ ક્રિયાની શરૂઆતમાં ટાંકીનું તળીયું કુવામાંનાં પાણીની સપાટીથી ૩૬ કુટ ઉંચે હોય તો તે ટાંકી ભરવામાં કેટલા કામનાં એકમ ખર્ચ થશે ?

૪૫. ૨૨ ફુટ લાંબી, ૧૪ ફુટ પહોળી અને ૧૨ ફુટ ઉંડી એક ટાંકીને ૭ ફુટ વ્યાસનાં એક કુવામાંથી પાણી પમ્પ વડે ખેંચી ભરવાની છે. જ્યારે ટાંકી ભરવાની ક્રિયા શરૂ કરવામાં આવી ત્યારે ટાંકીનું તળીયું કુવામાંનાં પાણીની સપાટીથી ૧૦૦ ફુટ ઉપર છે. કુવામાં દર કલાકે ૪૬૨ ઘનફુટની ઝડપે પાણી વહે છે. ધારો કે ટાંકી ભરવા માટે ૩૦ મીનીટ લાગે તો આ ક્રિયામાં થયેલું કામ શોધો ?

૪૬. દર ચોરસ ઇંચે ૮૦૦ પૌંડનાં દબાણનું પાણી એક ચોરસ ફુટ ક્ષેત્રફળવાળા પીસ્તન ઉપર એક ફુટનાં સ્ટ્રોકની લંબાઈ સુધી કાર્ય કરે છે, તો આવાં એક ઘનફુટ અને એક ગેલન પાણી કેટલું કામ કરશે ? જો એક હાઇડ્રોલીક કુમ્પની (પાણી પુરૂં પાડનારી કું.) એવાં ૧૦૦૦ ગેલન પાણીની કિંમત સવા રૂપીઆ લે તો એક આના દીઠ કેટલું કામ મળશે ?

૪૭. “હોર્સ પાવર-અવર” એટલે શું ? આ શક્તિને ફુટ-પૌંડમાં દર્શાવો ? એક હાઇડ્રોલીક કુમ્પની દર ચોરસ ઇંચે ૯૨૫ પૌંડ દબાણનું ૧૦૦૦ ગેલન પાણી દોઢ રૂપીઆની કિંમતે વેચે છે, તો દર કલાકે દર હોર્સ પાવર દીઠ કેટલો ખર્ચ થશે ? બીજી કુમ્પની ૩૮૦ ફુટનાં “હેડ”નું પાણી પુરૂં પાડે છે, તો તે પાણી દર ૧૦૦૦ ગેલન દીઠ શા ભાવે ખરીદ કરવું જોઈએ કે જેથી પહેલાંનાં જેટલીજ કિંમતમાં જોઈતી શક્તિ (energy) મળી શકે.

પ્રકરણ પમું

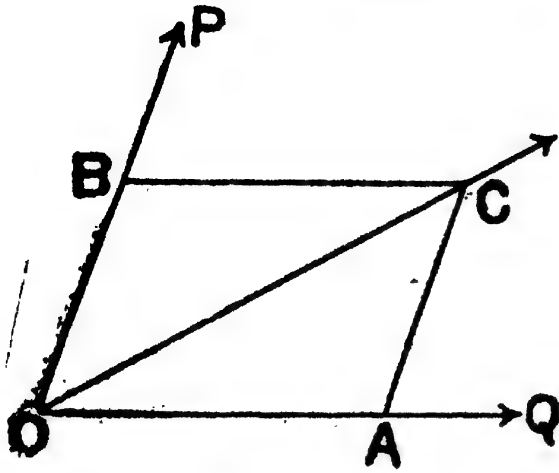
પેરેલેલોગ્રામ ઓફ ફોર્સીસ, ત્રાયઅંગલ ઓફ ફોર્સીસ, અને પોલીગોન ઓફ ફોર્સીસ.

પ્રકરણ ત્રીજામાં એક જોરને દિશા અને મહત્વતામાં એક સીધી લીટી વડે કેવી રીતે દર્શાવી શકાય તે વિશે, તથા સાધનબળ એટલે કમ્પોનન્ટ્સ અને લબ્ધબળ એટલે રીઝલ્ટન્ટ વિશે સમજાવ્યું છે. હવે આપણે પેરેલેલોગ્રામ, ત્રાયઅંગલ અને પોલીગોન ઓફ ફોર્સીસ વિશે સમજાવીશું.

જ્યારે જોરો એક બીજાને સંબંધે લેતાં ખૂણા પડતી દિશામાં કાર્ય કરે ત્યારે નીચે આપેલો સિદ્ધાંત (proposition) કેળવે “પેરેલેલોગ્રામ ઓફ ફોર્સીસ” (parallelogram of forces) કહે છે તેનાં વડે આપણે જે જોરાનાં રીઝલ્ટન્ટને અત્યંતતા અને દિશામાં શોધવા શક્તિમાન થઈશું.

પેરેલેલોગ્રામ ઓફ ફોર્સીસ—જો જે જોરો એકી વેળાએ એક બિંદુ ઉપર કાર્ય કરે અને તેઓ મહત્વતા અને દિશા એ બંનેમાં પેરેલેલોગ્રામની પાસે પાસે આવતી બાજુઓ વડે દર્શાવાય તો આ જોરોના રીઝલ્ટન્ટને પેરેલેલોગ્રામનાં કર્ણ (diagonal) કે જે તેમનાં છેદન બિંદુમાંથી પસાર થાય છે તેના વડે અત્યંતતા અને દિશામાં દર્શાવી શકાય.

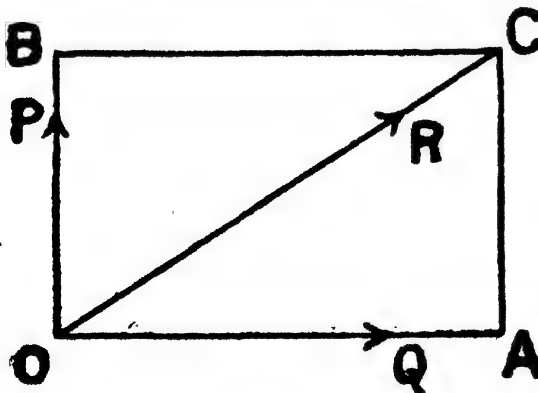
દાખલા તરીકે આકૃતિ ૪૮માં દેખાડ્યા પ્રમાણે ધારો કે બે જોરો



આકૃતિ ૪૮

અને દિશા એ બંનેમાં તેજ સ્કેલે રીઝલ્ટન્ટ R દર્શાવે છે.

એક જોર અથવા લખ્ધખળ એટલે રીઝલ્ટન્ટનાં સાધનખળ એટલે કમ્પોનન્ટ્સ (components) શોધવા વિષે—જેમ આપણે આગળ શીખી ગયા કે રીઝલ્ટન્ટ (resultant લખ્ધખળ) તેનાં કમ્પોનન્ટ્સ (સાધનખળ)નાં જોટલીજ અસર ઉત્પન્ન કરે છે, ત્યારે આપણે એક દાખલો ગણવામાં ગમે તો રીઝલ્ટન્ટ અથવા ગમે તો તેનાં કમ્પોનન્ટ્સ વાપરી શકીએ. આપેલાં એક જોરને બદલે તેનાં કમ્પોનન્ટ્સ બે આપેલી



આકૃતિ ૪૯

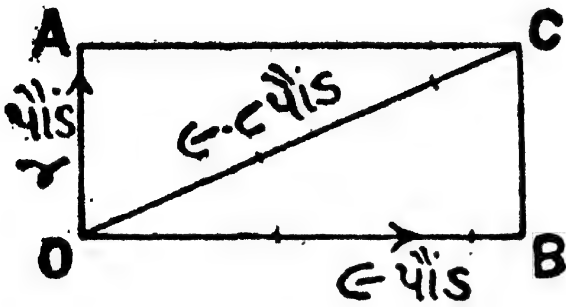
સવળ ભરેલી રીતે લઈ શકીએ. જુઓ આકૃતિ ૪૯. ત્યારે લીટી $OC = R$ તકરો અને પેરેલેલોગ્રામ $OBCA$ સંપૂર્ણ કરીએ તો બે જોર $P = OB$

P અને Q એક બિંદુ O ઉપરથી કોઈપણ સુગમ પડતે ખૂણે, કહો કે 60° ને ખૂણે કાર્ય કરે છે, તો કોઈપણ સ્કેલે OBને Pનાં પ્રમાણમાં અને OAને Qનાં પ્રમાણમાં માપો, અને પેરેલેલોગ્રામ OACB સંપૂર્ણ કરો, તથા OCને જોડો. ત્યારે OC લીટી અત્યંતતા

લીટીની દિશામાં વારંવાર સગવડ ભરેલી રીતે મુકી શકાય કે જે લીટીઓ હમેશાં એક બીજીને કાટ-ખૂણે લેવામાં આવે છે. આ પ્રમાણે જો O બિંદુએ કાર્ય કરતું એક જોર R આપેલું હોય, તો આપણે તે જોર Rને બદલે OA અને OB લીટીમાં કાર્ય કરતાં જોરો ધણી

અને $Q = OA$ આપણને મળે છે, જે જોરો જે R ને બદલે લઈએ તો બિંદુ O ઉપર જે અસર જોર R વડે ઉત્પન્ન થાય તેજ અસર આ બે જોરો ઉત્પન્ન કરશે.

દાખલો ૧—૪ પૈડ અને ૯ પૈડનાં બે જોરો એક ખીજાને કાટખૂણાની દિશામાં એક ખીલાને ખેંચે છે, તો તેમનો રીઝલ્ટન્ટ શોધો?



આકૃતિ ૫૦માં દેખાયા પ્રમાણે કોઈપણ સ્કેલે કહોકે ૪ પૈડ = ૧ ઇંચનાં સ્કેલે આપેલા ૪ પૈડ અને ૯ પૈડનાં જોરો દર્શાવનારી લીટીઓ OA અને OB દોરો; સારે લીટી OA ને એક ઇંચ

અને લીટી OB ને ૨ $\frac{૩}{૪}$ ઇંચ લાંબી દોરો, અને પેરેલેલોગ્રામ $OACB$ સંપૂર્ણ કરો. સારે કર્ણ (diagonal) OC તેજ સ્કેલે રીઝલ્ટન્ટ (resultant) R દર્શાવે છે. લીટી OC ને માપતાં તેની લંબાઈ લગભગ ૨ $\frac{૬૬}{૧૦૦}$ ઇંચ આવે છે, સારે આપણે ૪ પૈડ = ૧ ઇંચનો સ્કેલ લીધો છે, તો

$$1'' : 2\frac{૬૬}{૧૦૦}'' :: ૪ પૈડ : R$$

$$\therefore R = 4 \times \frac{૧૫૭}{૬૬} = \frac{૧૫૭}{૬૬} \\ = \underline{૯.૮ પૈડ}$$

રીઝલ્ટન્ટ R ને ગણતરીથી શોધવાની રીત:—

કાટકોણત્રિકોણનાં નિયમ પ્રમાણે—

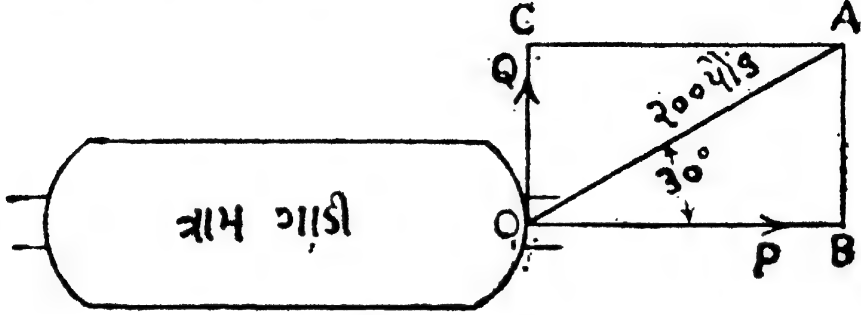
$$\begin{aligned} (\text{કર્ણ})^2 &= (\text{પાયો})^2 + (\text{ઉંચાઈ})^2 \\ OC^2 &= OB^2 + BC^2 \\ &= OB^2 + OA^2 \\ &= ૯^2 + ૪^2 \end{aligned}$$

$$\therefore OC^2 = ૮૧ + ૧૬$$

$$\therefore OC = \sqrt{૯૭} = ૯.૮ પૈડ$$

$$\therefore R = \underline{૯.૮ પૈડ}$$

દાખલો ૨—એક ઘોડા પાટા (rails)ની સાથે 30° ને ખૂણેની દીશામાં ૨૦૦ પૈંડનું ખેંચાણુ કરી એક ટ્રામને પાટા ઉપર ખેંચે છે, તો તે ટ્રામને આગલ ચલાવનારું જોર અને તેને પાટા ઉપરથી ઉપાડવાનું વજણુ કરતું જોર શોધો ?



આકૃતિ ૫૧

આકૃતિ ૫૧માં દેખાણ્યા પ્રમાણે કોઈ પણ સ્કેલે, કહો કે ૫૦ પૈંડ=૧ ઈંચનાં સ્કેલે, પાટાની દીશા દર્શાવતી આડી લીટી OBને 30° નાં ખૂણે ૨૦૦ પૈંડનું જોર દર્શાવનારી લીટી OA દોરો. આ લીટીની લંબાઈ ૪ ઈંચ કરો. OB લીટીને કાટખૂણે OC લીટી દોરો અને પેરેલેલોગ્રામ OCAB સંપૂર્ણ કરો. ત્યારે તેજ સ્કેલે લીટી OB પાટાની દીશાએ ટ્રામને ખેંચવાનું વજણુ કરતું જોર P દર્શાવે છે, અને લીટી OC ટ્રામને પાટા ઉપરથી ઉપર ઉપાડવાનું વજણુ કરતું જોર Q દર્શાવે છે. ૫૦ પૈંડ=૧ ઈંચનાં સ્કેલે લીટી OC અને OB માંપતાં,

$$Q = 100 \text{ પૈંડ} \quad \text{અને} \quad P = 173.2 \text{ પૈંડ} \text{ આવશે.}$$

ગણતરી પ્રમાણે શોધતાં—

કાટકોણ ત્રિકોણ OABમાં ખૂણો AOB 30° નો છે, અને ખૂણો ABO 60° નો છે, ત્યારે તેની બાજુઓનું પ્રમાણ નીચે પ્રમાણે છે:—

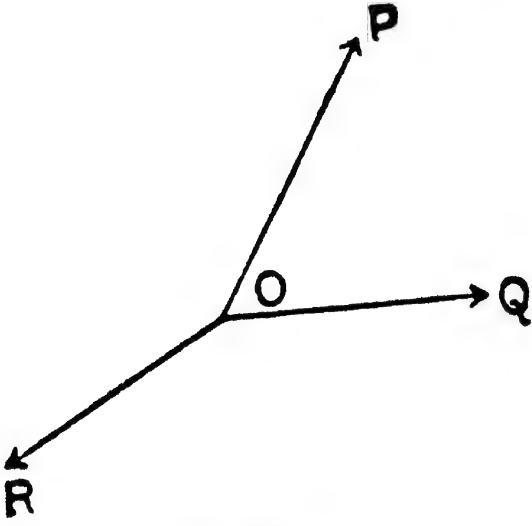
$$\begin{aligned} BA : AO : OB &:: 1 : 2 : \sqrt{3} \\ \therefore OC : AO : OB &:: 1 : 2 : \sqrt{3} \end{aligned}$$

$$\therefore Q : 200 : P :: 1 : 2 : \sqrt{3}$$

$$\therefore Q = \frac{1 \times 200}{2} = \underline{100 \text{ પૈડ.}}$$

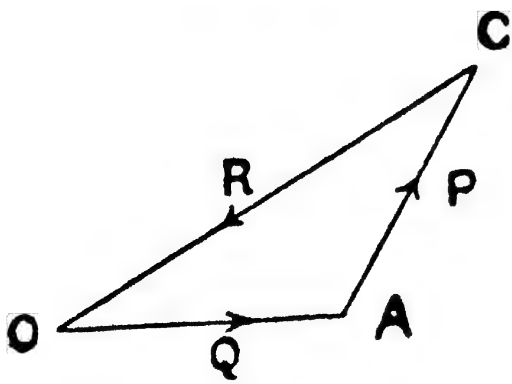
$$\therefore P = \frac{100 \times \sqrt{3}}{1} = \underline{173.2 \text{ પૈડ.}}$$

આકૃતિ પર માં દેખાણ્યા પ્રમાણે જો રીઝલ્ટન્ટ Rની દીશા



આકૃતિ પર

ઉલટાવવામાં આવે તો તે P અને Q જોરોને બરાબર સમતોલ કરશે. આ જોર R કે જે P અને Qને સમતોલ કરે છે તેને “ઇકવીલીબ્રન્ટ” (equilibrant) કહે છે, જેનો અર્થ એ થાય છે કે પીગ્નં જોરોને સમતોલ રાખનારું જોર. આ પ્રમાણે ત્રણ જોરો P, Q અને R સમતોલ થશે, અને બ્યારે



આકૃતિ ૫૩

AC લીટીએ OB લીટીની બરાબર અને સમાંતર છે, તેથી એ દેખીતું છે કે આકૃતિ ૫૩માં દોરેલો ત્રિકોણ COAની ત્રણ બાજુઓ CO, OA અને AC એ O બિંદુ ઉપરથી કાર્ય કરતા અનુક્રમે આવતા જોરો R, Q અને Pને સમાંતર અને પ્રમાણમાં છે.

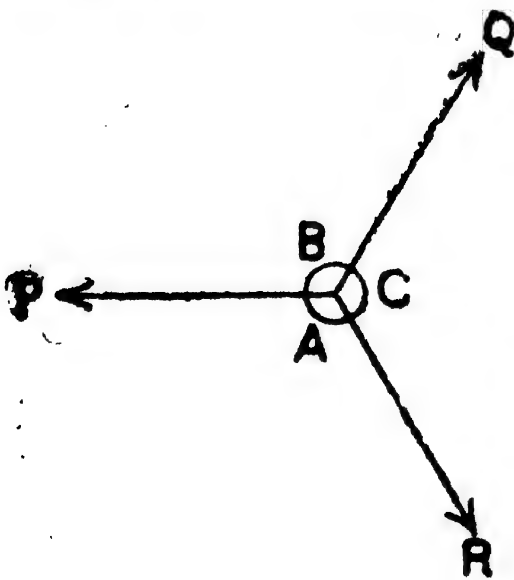
આ ઉપરથી નીચે આપેલો “ત્રાયબ્જેગલ ઓફ ફોર્સીસ”ને નામે જણાયલો સિદ્ધાંત સમજી શકાશે.

ત્રાયબ્જેગલ ઓફ ફોર્સીસ—જો ત્રણ જોરો એક બિંદુ ઉપર કાર્ય કરે અને તેઓ સમતોલપણામાં હોય, અને એક ત્રિકોણ એવી

રીતે દોરવામાં આવે કે જેની અનુક્રમે આવતી બાજુઓ ક્રમવાર (in order) લીધેલાં જોરોને સમાંતર રહે, તો તે જોરો ત્રિકોણની બાજુઓનાં પ્રમાણમાં રહેશે. એથી ઉલટું—જો કોઈ ત્રિકોણ દોરવામાં આવે અને એક બિંદુ ઉપર ત્રણ જોરો કાર્ય કરે અને તેઓ અનુક્રમે ક્રમવાર લીધેલી ત્રિકોણની બાજુઓને સમાંતર અને પ્રમાણમાં હોય તો આ જોરો સમતોલ રહેશે.

આકૃતિ પરમાં જોરો P, R અને Q બિંદુ O ઉપર કાર્ય કરી સમતોલ રહે અને આકૃતિ પ૩માં દેખાણ પ્રમાણે ત્રિકોણ ACO દોરવામાં આવે કે જેની બાજુઓ AC, CO, અને OA અનુક્રમે P, R અને Qને સમાંતર રહે, તો AC લીટી Pનાં પ્રમાણમાં, CO લીટી Rનાં પ્રમાણમાં, અને OA લીટી Qનાં પ્રમાણમાં છે.

વળી એથી ઉલટું—જો ACO કોઈ એક ત્રિકોણ હોય અને એક બિંદુ O લેવામાં આવે અને લીટી OP એ ACને સમાંતર, OR એ COને સમાંતર, અને OQ એ OAને સમાંતર દોરવામાં આવે, અને જો જોરો P, R અને Q તે લીટીઓ ઉપર કાર્ય કરે અને અનુક્રમે આવતી બાજુઓ AC, CO અને OAનાં પ્રમાણમાં હોય તો જોરો P, R અને Q સમતોલ

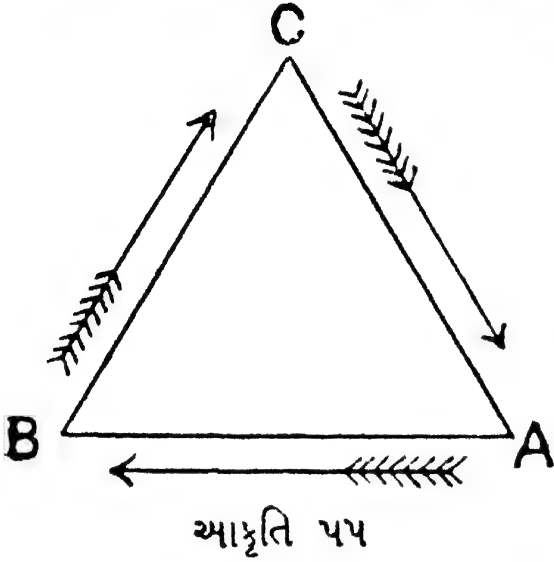


આકૃતિ ૫૪

પણામાં (equilibrium)માં હશે. જે ક્રમમાં બાજુઓ લેવામાં આવી છે તે ધ્યાનમાં રાખવી અગત્યની છે.

જોરોને અક્ષરો વડે નામ આપવાની રીત—“બોવનોટેશન” (Bow's Notation)—આકૃતિ ૫૪માં એક બિંદુ ઉપર કાર્ય કરતાં ત્રણ જોરો કે જે સમતોલપણામાં છે તેનાં કાર્યની રેખાઓ દર્શાવે છે, અને આકૃતિ ૫૫ આ

જેરોને લગતો ત્રિકોણ છે. અક્ષરો વડે જેરોને નામ આપવાની એક રીતમાં દરેક જેરને એકજ અક્ષર વડે, જેમકે. P, Q, R વીગેરે વડે દર્શાવવામાં આવે છે. પાઉઝ નોટેશનમાં દરેક જેરને બે અક્ષરો વડે દર્શાવવામાં આવે છે કે જે અક્ષરોને આકૃતિ પૃષ્ઠમાં દેખાડ્યા પ્રમાણે જેરનાં કાર્યની રેખાની સામ સામેની પાણુઓ ઉપર મુકવામાં આવે છે, અને આકૃતિ પૃષ્ઠમાં



દેખાડ્યા પ્રમાણે ત્રિકોણનાં ખૂણાનાં બિંદુઓ ઉપર મુકવામાં આવે છે. પાઉઝની અક્ષરો વડે નામ આપવાની રીતમાં જેર Pને AB અક્ષરોથી દર્શાવવામાં આવે છે, જેર Qને BC અને જેર Rને CA અક્ષરો વડે દર્શાવવામાં આવે છે.

દાખલો ૩—ત્રણ દોરડાંઓ PO, QO, અને RO ને O બિંદુ આગળ એકેક સાથે ગાંઠ વાળ્યા છે. દરેક દોરડાં ઉપર એકેકો માણુસ ખેંચાણુ કરે છે. POQ ખૂણો ૧૩૫°નો છે, QOR ખૂણો ૧૦૫°નો છે, અને ROP ખૂણો ૧૨૦°નો છે. PO દોરડાં ઉપર એક માણુસ ૧૦ પૌંડનું ખેંચાણુ કરે છે, તો ખીજા બે દોરડાંમાંનાં દરેક ઉપર કેટલું ખેંચાણુ કરવું જોઈએ કે જેથી ત્રણે સમતોલ રહે.

આકૃતિ પૃષ્ઠમાં દેખાડ્યા પ્રમાણે O બિંદુ ઉપર કાર્ય કરતાં ત્રણ જેરો આપેલે ખૂણે દોરો, ત્યારે આ. પૃષ્ઠમાં દેખાડ્યા પ્રમાણે કોઈપણ સ્કેલે ૧૦ પૌંડ ખરાખર લીટી AB દોરો જે લીટી આકૃતિ પૃષ્ઠમાંનાં જેર P અથવા ABનાં કાર્યની લીટીને સમાંતર હોવી જોઈએ. A અને B બિંદુઓથી Q અથવા BC, અને R અથવા CA જેરોનાં કાર્યની લીટીઓને સમાંતર લીટીઓ દોરો કે જેઓ C બિંદુમાં મળી જશે. ત્યારે આકૃતિ

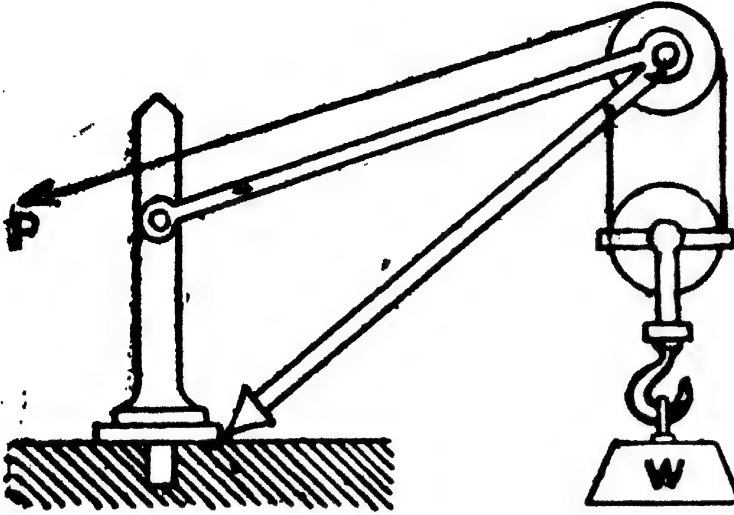
પપમાંની BC તથા AC લીટીઓ તેજ સ્કેલે દોરડાંઓ Q અને R ઉપરનાં ખેંચાણુ દર્શાવશે. આ ખેંચાણુ માપ લેતાં અનુક્રમે ૭-૩૨ પૌંડ અને ૮-૯૬ પૌંડ છે.

જેરોનો સ્વભાવ પારખવા માટેની એટલે જેર ખેંચાણુ (tension તેન્શન) છે કે દબાણુ (compression કોમ્પ્રેશન) છે તે નક્કી કરવાની રીત—સાંધા Oની આસપાસ ઘડીઆળનાં કાંટા જે દિશામાં ફરે છે તે દિશામાં જાઓ અને તે વેળા ABની દિશા જાણાયલી હોવાથી Bથી C સુધી જુઓ, અને આકૃતિ પપ ઉપર ત્રિકોણને ફરતી તીરની દિશા તપાસો કે જે ઉપલી દિશામાં છે. આ તીરની દિશા િંદુ O ઉપર કાર્ય કરતાં જેર BCની દિશા દેખાડે છે. તેજ પ્રમાણે C થી A સુધી જાઓ અને ત્રિકોણને ફરતી તીરની દિશા તપાસો કે જે નીચલી દિશામાં માલમ પડશે. આ તીરની દિશા O િંદુ ઉપર કાર્ય કરતાં જેર CAની દિશા દેખાડે છે. આ તીરો િંદુ Oથી દુર જાય છે, અને તેથી તે એમ સૂચવે છે કે જે આ રચના સમતોલપણમાં હોય તો દોરડાંઓ ઉપર ખેંચાણુનું જેર (tension) આવશે. જે તીર િંદુ Oની તરફ જતો હોય તો તે દબાણુનું જેર (compression) છે એમ દર્શાવે છે. આ યાદ રાખવું જોઈએ કે આકૃતિ પપમાં તીરો ત્રિકોણ આસપાસ એકજ દિશામાં આગળ વધવા જોઈએ, અને તે દિશા જેર P અથવા ABની જાણાયલી દિશા ઉપરથી નક્કી કરી શકાય છે.

જીબ-ક્રેન (Jib crane)નાં અવયવો ઉપરનાં અને શીયરલેગ્સ (Sheer legs)ની જોડીમાંનાં જેરો શોધવા વિષે—

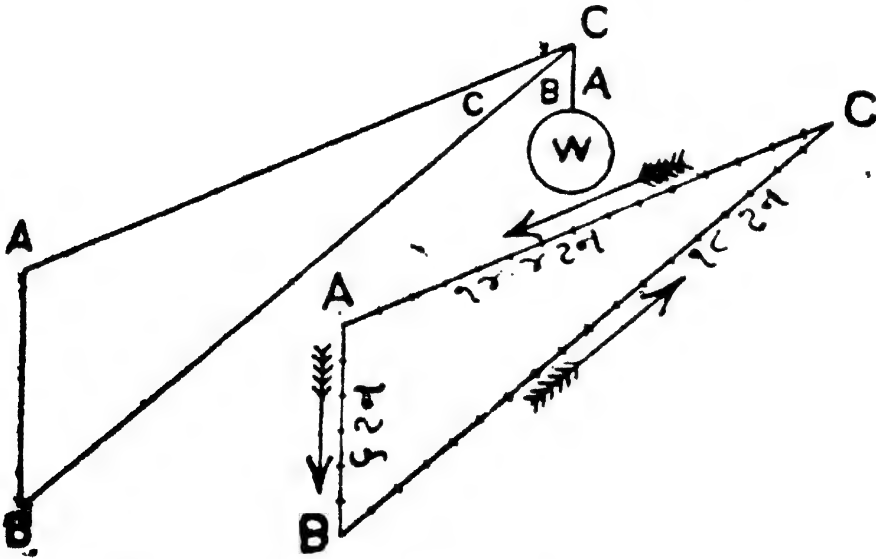
દાખલો ૪—એક સાધારણ જીબ-ક્રેનમાં જીબ ૧૫ ફુટ લાંબો અને ટાઇરોડ ૧૨ ફુટ લાંબો છે. ટાઇરોડ (tie rod)ને ક્રેનનાં થાંભલા સાથે જીબનાં નીચલા છેડાથી ૫ ફુટ ઉપર આવેલાં એક િંદુ આગળ જોડેલો છે. જે જીબનાં ઉપલા છેડા ઉપરથી ૬ ટનનું વજન લટકાવવામાં

આવે તો જીબ અને ટાઇરોડ ઉપર આવતાં જોરો શોધો. (જીબ-કેન આકૃતિ ૫૬માં બતાવી છે).



આકૃતિ ૫૬

પહેલાં તો આકૃતિ ૫૭માં દેખાડ્યા પ્રમાણે કોઈ સુગમ પડતા સ્કેલે કેનનાં જો ભાગો ઉપર જોર આવે છે તે ભાગોની મધ્ય રેખાઓ (સેન્ટર લાઇન)ની લંબાઈ અને દિશાદર્શવનારી આકૃતિ અથવા ફ્રેમ ડાયગ્રામ (frame diagram) દોરો.



આકૃતિ ૫૭

આકૃતિ ૫૮

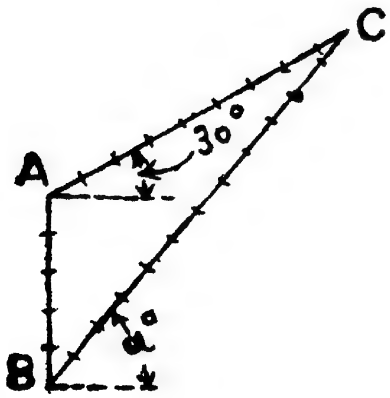
હવે આકૃતિ ૫૮માં દેખાડ્યા પ્રમાણે જોરની આકૃતિ એટલે “સ્ટ્રેસ ડાયગ્રામ” (Stress diagram) નીચે પ્રમાણે દોરો. વજન Wનાં કર્મની લીટીને સમાંતર એટલે ઉભી લીટી AB દોરો, અને તેનો લંબાઈ સરખા ભાગોનાં કોઈપણ સ્કેલે (કહો કે ૧" = ૧ ટનનાં

સ્કેલે) ૬ ટન માપો. આકૃતિ ૫૭માં જીમ BCને સમાંતર એક લીટી B બિંદુએથી દોરો, અને A બિંદુએથી ટાઈરોડ CAને સમાંતર લીટી દોરો. આ લીટીઓ C બિંદુમાં મળશે. ત્યારે ત્રિકોણ ABC તેની બાજુઓ વડે જીમ અને ટાઈરોડ ઉપરનાં જોરોની મહત્વતા દર્શાવશે. આ પ્રમાણે ત્રિકોણની BC બાજુ જીમ ઉપર આવતું જોર અને AC બાજુ ટાઈરોડ ઉપરનું જોર જે સ્કેલ AB માટે લીધો હતો તેજ સ્કેલે દર્શાવશે, જે માપતાં અનુક્રમે ૧૮ ટન અને ૧૪.૪ ટન આવે છે.

ઉપર શોધેલાં જોરો કઈ જાતનાં (ખેંચાણ કે દબાણ) છે તે જાણવા માટે આકૃતિ ૨૩ ઉપર ત્રિકોણની ફરતે તીરની દિશા તપાસતાં માલમ પડશે કે BC લીટી ઉપરનો તીર C બિંદુની તરફ જાય છે, તેથી તે લીટી વડે દર્શાવતું જોર દબાણનું જોર (કોમ્પ્રેશન) છે, અને AC લીટી ઉપરનો તીર C બિંદુથી દુર જાય છે તેથી તે લીટી વડે દર્શાવતું જોર ખેંચાણનું જોર (એટલે ટેન્શન) છે. આ પ્રમાણે જીમ ઉપર ૧૮ ટનનું દબાણ આવે છે, અને ટાઈરોડ ઉપર ૧૪.૪ ટનનું ખેંચાણ આવે છે.

દાખલો ૫—એક જીમ-કેનમાં વજન ૫ ટનનું છે, અને ટાઈરોડ ઉપર આવતું ખેંચાણ ૯ ટન છે. ટાઈરોડ આડી સપાટીથી 30° નો ખૂણો કરે છે, તો આકૃતિ વડે જીમ ઉપર આવતું દબાણ શોધો.

આકૃતિ ૫૯માં દેખાણ્યા પ્રમાણે એક ઉભી લીટી AB દોરો, અને કોઈ પણ સ્કેલે તેને ૫ ટન માપો. A બિંદુથી આડી સપાટીને 30° ને ખૂણે AC લીટી દોરો, અને તેજ સ્કેલે તેને ૯ ટન માપો. CB જોડો. ત્યારે CB લીટી જીમ ઉપરનું દબાણ તેજ સ્કેલે દેખાડશે, અને તેને માપતાં ૧૨.૨૯ ટન આવે છે. વળી આડી સપાટીથી જીમ જે ખૂણે ઢળતો છે તે ખૂણો 60° નો છે.

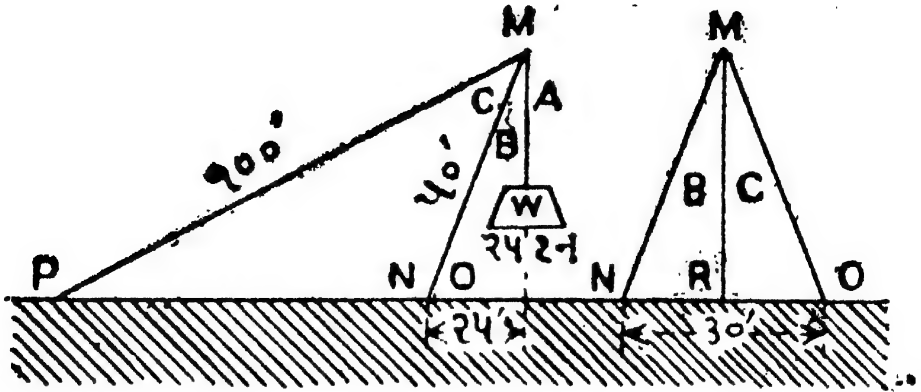


આકૃતિ ૫૯

દાખલો ૬—૨૫ ટનનાં વજનનાં એક ખોયલરને શીયર લેગ્ઝ (Sheer legs)ની એક જોડી વડે વહાણ ઉપર ચઢાવવામાં આવે છે. લેગ્ઝનાં નીચલા ટેકવાયલા છેડાએ એક ખીજાથી ૩૦ ફુટ દુર છે, અને દરેક લેગ (પગ) ૫૦ ફુટ લાંબો છે. બન્ને લેગ્ઝનાં મથાળાં ઉપરથી પડતી લંબ લીટી (perpendicular) લેગ્ઝનાં નીચલા છેડાએને જોડનારી લીટીનાં મધ્યથી આડી દિશામાં ૨૫ ફુટ દુર છે; અને શીઅર્સનો પાછલો લેગ (પગ) અથવા ટાઈ રોડ અથવા ટેન્શન રોડ (એટલે ઉભા થાંભલાને ખેંચી પકડનાર સળીયો) ૧૦૦ ફુટ લાંબો છે. ખોયલરને લેગ્ઝ (પગો)નાં મથાળેથી માત્ર લટકાવેલું છે એમ માની લઈ દરેક લેગ ઉપર આવતો ધક્કો અથવા દબાણ (thrust અથવા compression) અને પાછલા લેગ અથવા ટાઈ રોડ ઉપર આવતું ખેંચાણ (tension) શોધો.

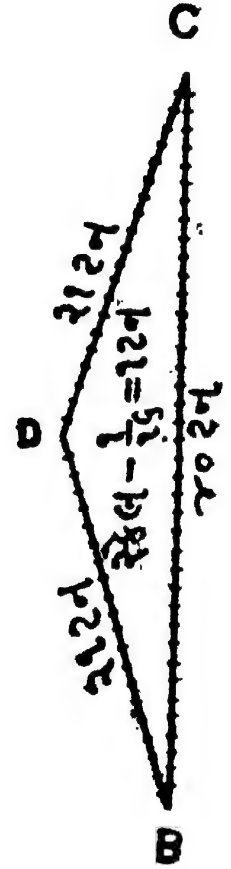
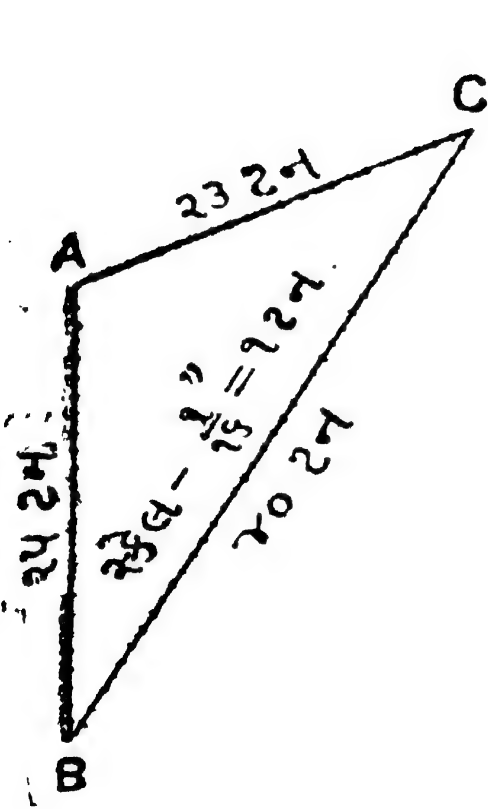
એમાં M બિંદુ આગળ ત્રણ જોરો કાર્ય કરે છે, દાખલા તરીકે વજન, પાછલા લેગ ઉપરનું ખેંચાણ (ટેન્શન), અને બન્ને શીઅર લેગ્ઝ ઉપરનાં દબાણ (કોમ્પ્રેશન)નો રીઝલ્ટન્ટ કે જે આ. ૬૧માં દેખાણ્યા પ્રમાણે MR લીટીમાં કાર્ય કરે છે; અને આ ત્રણ જોરો સમતોલપણામાં છે, માટે મહત્વતા અને દિશામાં તેઓને ત્રિકોણની વાબુઓ વડે દર્શાવી શકાય.

પ્રથમ તો સ્કેલ ઉપર આકૃતિ ૬૦માં દેખાણ્યા પ્રમાણે અથ રચનાની પરીસીમાં દર્શાવતી આકૃતિ દોરો. MN અને MO અંતર આકૃતિ ૬૧ ઉપરથી મેળવેલા MR બરાબર રાખવું જોઈએ; અને ખીજા ભાગે આપેલા માપ પ્રમાણે દોરવા. કાર્ય કરતાં જોરો વચ્ચેની જગ્યામાં વાહક નોટેશન પ્રમાણે A, B, અને C અક્ષરો લખો. આકૃતિ ૬૨માં દેખાણ્યા પ્રમાણે ત્રાયઝેંગલ ઓફ ફોર્સીસ (એટલે જોરોનો ત્રિકોણ) દોરો, અને તેમાં AB લીટી વજનને સમાંતર અને ૨૦ ટનની બરાબર કોઈપણ સ્કેલે, કહો કે ૧૦ ટન બરાબર ૧ ઇંચના સ્કેલે, દોરો; તથા A અને B બિંદુઓથી પાછલા લેગ



આકૃતિ ૬૦

આકૃતિ ૬૧



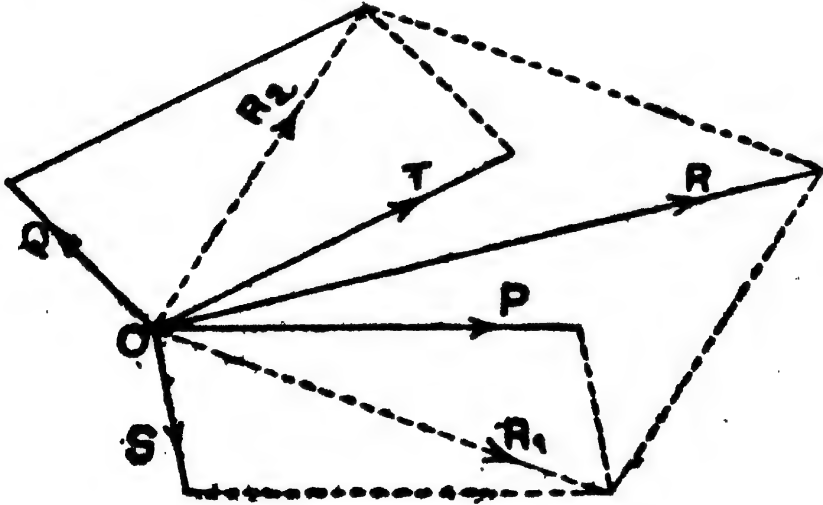
આકૃતિ ૬૨

આકૃતિ ૬૩

અને શીઅર લેગ્ઝનાં એલીવેશનને સમાંતર લીટીઓ C બિંદુમાં મળે એમ દોરો; ત્યારે BC લીટી શીઅર લેગ્ઝ ઉપરનાં દબાણનો રીઝલ્ટન્ટ દર્શાવશે, કે જે ૪૦ ટન છે, અને AC લીટી પાછલા લેગ ઉપરનું ખેંચાણ ૨૩ ટન દેખાડશે.

હવે દરેક લેગ ઉપરનું દબાણ શોધવા માટે તેનાં રીઝલ્ટન્ટનાં કમ્પોનન્ટસ શોધવા જોઈએ અને તે માટે આકૃતિ ૬૩માં દેખાયા પ્રમાણે ત્રિકોણ દોરો, તેની એક બાજુ CBને આકૃતિ ૬૨નાં CB બરાબર દોરો, અને C તથા B બિંદુએથી MO અને MN કે જેઓ આકૃતિ ૬૧માં લેગ્ઝ દર્શાવે છે તેમને સમાંતર લીટીઓ D બિંદુમાં મળે એમ દોરો. ત્યારે આ ૬૩માંની લીટીઓ CD અને BD લેગ્ઝ ઉપરનાં દબાણો દર્શાવે છે કે જે દરેક ૨૧ ટન છે.

એક બિંદુ ઉપર કાર્ય કરતાં જેરોની કોઈપણ સંખ્યાનો રીઝલ્ટન્ટ શોધવા વિષે—પેરેલેલોગ્રામ ઓફ ફોર્સીસની મદદ વડે એક બિંદુ આગળ એક ક્ષેત્રમાં કાર્ય કરતાં જેરોની કોઈપણ સંખ્યાનો રીઝલ્ટન્ટ શોધી શકાય. દાખલા તરીકે આકૃતિ ૬૪માં બતાવ્યા પ્રમાણે જેરો P, Q, S, અને T એક ક્ષેત્રમાં O બિંદુ આગળ કાર્ય કરે છે, તો તેમનો રીઝલ્ટન્ટ R શોધવા માટે પહેલાં કોઈ પણ બે જેરોની એક જોડી, જેવીકે જેરો P અને S નો રીઝલ્ટન્ટ પેરેલેલોગ્રામ વડે શોધો, અને તેને R_1 કહો. ત્યાર પછી બીજી જોડી Q

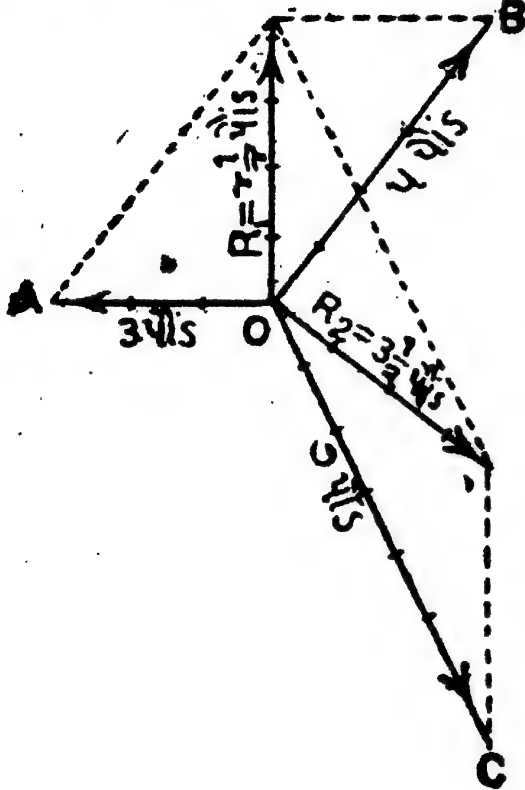


આકૃતિ ૬૪

અને T જેરોની લેઓ અને તેમનો રીઝલ્ટન્ટ R_2 શોધો. છેવટે R_1 અને R_2 નો રીઝલ્ટન્ટ R શોધો. આ રીઝલ્ટન્ટ આપેલાં જેરો P, Q, S, અને T નો રીઝલ્ટન્ટ આવશે.

દાખલો ૯—૩ પૌંડ, ૫ પૌંડ, અને ૭ પૌંડનાં ત્રણ જોરો એક બિંદુને ૧૨૦° ને ખૂણે એક બિંદુ આગળ માર્ય કરે છે, તો તેનો રીઝલ્ટન્ટ શોધો.

ધારો કે આકૃતિ ૬૫માં દેખાડયા પ્રમાણે OA, OB, અને OC લીટીઓ ત્રણ જોરોને દીશા અને અત્યંતતામાં દર્શાવે છે. પહેલાં



પેરેલેલોગ્રામ વડે ૩ પૌંડ અને ૫ પૌંડના જોરોનો રીઝલ્ટન્ટ શોધો અને તેને $R_૧$ કહો. ત્યાર પછી $R_૧$ અને ૭ પૌંડનો રીઝલ્ટન્ટ પણ એજ પ્રમાણે શોધો.

પોલીગોન ઓફ ફોર્સિસ

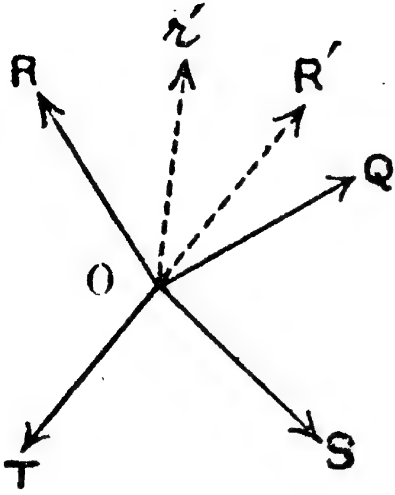
(Polygon of Forces)—

ત્રાયએંગલ ઓફ ફોર્સિસનાં વધારાની મદદ વડે એક બિંદુ ઉપર એકજ ક્ષેત્રમાં કાર્ય કરતાં જોરોની આપેલી સંખ્યા સમતોલપણામાં છે કે કેમ તે આપણે શોધી શકીએ. દાખલા તરીકે આકૃતિ ૬૬માં જોરો P, Q, S અને T બિંદુ

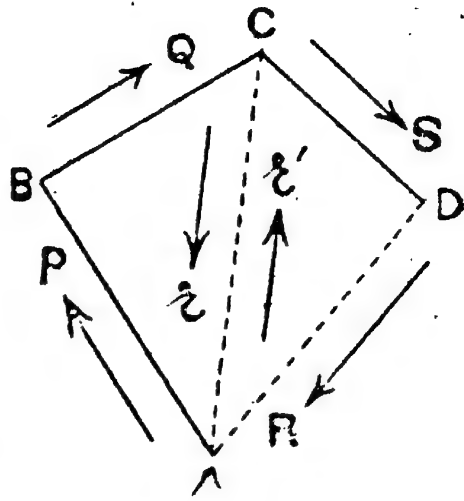
આકૃતિ ૬૫

(O) ઉપર સઘળાં એકજ ક્ષેત્રમાં

કાર્ય કરે છે. આકૃતિ ૬૭ પ્રમાણે જોર P ને સમાંતર અને પ્રમાણમાં AB લીટી દોરો, અને એજ પ્રમાણે જોર Q ને દર્શાવતી લીટી BC દોરો. ત્યારે ત્રાયએંગલ ઓફ ફોર્સિસ વડે CA લીટી જોર r દર્શાવશે, જે જોરને જો Oની તરફ નીચલી દિશામાં ધક્કા (થ્રસ્ટ thrust) તરીકે લાગુ પાડવામાં આવે તો તે P અને Qને સમતોલ કરશે. જો આકૃતિ ૬૬માં દેખાડ્યા પ્રમાણે આ જોર r ને ઉલટાવવામાં આવે તો r' એ P અને Qનો રીઝલ્ટન્ટ આપશે. હવે O બિંદુ આગળ P અને Q જોરોને બદલે r' જોર લાગુ પાડો. હવે r' અને



આકૃતિ ૬૬



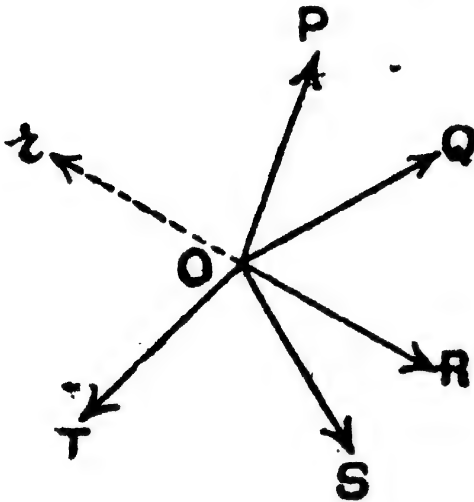
આકૃતિ ૬૭

S નેરો લેઓ (આકૃતિ ૬૬); AC લીટી r' નેર દર્શાવે છે અને S નેરને દર્શાવતી CD લીટી દોરો, અને ત્રાયઅંગલ ઓફ ફોર્સિસ વડે DA લીટી એક નેર R દર્શાવશે, જે નેરને જે O બિંદુ આગળ લાગુ પાડવામાં આવે તો તે r' અને Sને સમતોલ કરશે. આ ઉપરથી એમ માલમ પડે છે કે નેરો P, Q અને Sને O બિંદુ આગળ નેર R લાગુ પાડી સમતોલ કરી શકાય છે. અને જે Rને આકૃતિ ૬૬માં દેખાણા પ્રમાણે ઉલટાવવામાં આવે તો R' એ P, Q અને Sનો રીઝલ્ટન્ટ થશે. હવે જે આપેલાં નેરમાંનું છેલ્લું નેર T નેર R'ની ધરાધર અને ઉલટી દિશામાં કાર્ય કરતું માલમ પડે, એટલે આકૃતિ ૬૭માં દેખાણા પ્રમાણે જે નેર R'ને DA લીટી વડે દર્શાવવામાં આવે, તો T અને R' એક બીજાને સમતોલ કરશે; અને જે આ પ્રમાણે હોય તો આપેલાં નેરો P, Q, S અને T સમતોલપણામાં હોવાં નેઈએ. આ ઉપરથી નીચે પ્રમાણે “પોલીગોન ઓફ ફોર્સિસ (polygon of forces) નો સિદ્ધાંત નીચે પ્રમાણે દર્શાવી શકાય:—

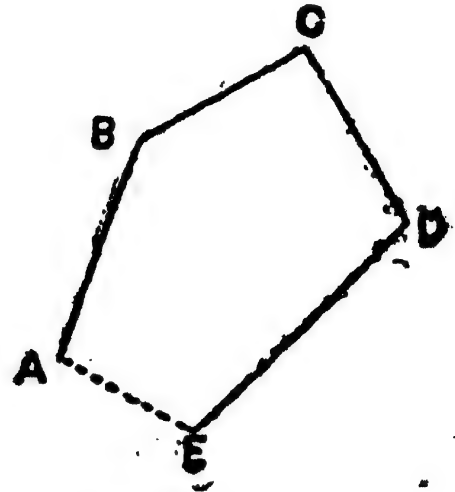
“ જે એક બિંદુ ઉપર કાર્ય કરતાં નેરોની કોઈપણ સંખ્યાને બંધ કરેલા પોલીગોનની એકજ તરફ ફરતે લીધેલી બાનુઓ વડે અત્યંતતા અને દિશામાં દર્શાવવામાં આવે તો તે નેરો સમતોલપણામાં હશે.”

વળી જો જોરોની કોઈપણ સંખ્યાને મહત્વતા અને દિશામાં એકજ તરફ ફરતે લીધેલી પોલીગોન (polygon)ની એક સિવાય સઘળી બાજુઓ વડે દર્શાવાય તો ઉત્તરી તરફ તે બાકી રહેલી બાજુ અત્યંતતા અને દિશામાં રીઝલ્ટન્ટ દર્શાવશે.

દાખલા તરીકે જો આપેલાં જોરો P, Q, S, T (જુઓ આકૃતિ ૬૮) માટે પોલીગોન ઓફ ફોર્સિસ (polygon of forces એટલે જોરોનો પોલીગોન) આકૃતિ ૬૯માં દેખાડ્યા પ્રમાણે ABCDE દોરવામાં આવે, તો એમ માનણુ પડે છે કે પોલીગોન બંધ થતો નથી,



આકૃતિ ૬૮



આકૃતિ ૬૯

સારે પોલીગોનને બંધ કરનારી લીટી EA એ r ફોર્સ આપશે કે જોને જો Eથી Aની દિશામાં O આગળ ખેંચાણુ તરીકે લાગુ પાડવામાં આવે તો તે આપેલાં જોરોને સમતોલ કરશે, અને તેટલા માટે જો તે જોરને ઉત્તરાવવામાં આવે તો R આગળ દેખાડ્યા પ્રમાણે તે તેમનો રીઝલ્ટન્ટ આપશે.

એ યાદ રાખવું કે જોરો સઘળાં ખેંચાણુ અથવા ધક્કો કરે છે કે નહીં તેની સાથે આપણને સંબંધ નથી, પણ માત્ર આપણને તે સઘળાં જોરો તેનાં બરાબર ક્રમમાં છે કે કેમ તે ધ્યાનમાં રાખવું જોઈએ (આકૃતિઓ ૬૮ અને ૬૯ આ દાખલો દર્શાવે છે).

એકસર્સાઈઝ ૩૭.

૧. એક મિંદુ ઉપર ૬ પૌંડ અને ૧૦ પૌંડનાં બે ખેંચાણો (૧) ૯૦° ને ખૂણે, (૨) ૧૨૦° ને ખૂણે, અને (૩) ૬૦° ને ખૂણે કાર્ય કરે છે, તો આકૃતિ વડે દરેક બાબદમાં રીઝલ્ટન્ટ શોધો.

૨. બે જોરો કે જેઓનાં કાર્યની રેખાઓ એક બીજાને કાટખૂણે છે તેનો રીઝલ્ટન્ટ ૧૫ પૌંડ છે અને એક જોર ૪ પૌંડ છે, તો બીજો જોર કેટલા પૌંડનો હશે ?

૩. આડી લીટીમાં કાર્ય કરતાં ૧૦૦ પૌંડનાં એક જોરને ૫૦ પૌંડ અને ૧૨૦ પૌંડનાં બે જોરો વડે સમતોલ કરવાનો છે, તો તેમનાં કાર્યની રેખાઓ વચ્ચેનાં ખૂણાઓ શોધો.

૪. ૫ ટનનાં વજનનાં એક મશીનને બે સાંકળ વડે ટેકવેલું છે. એક સાંકળને દિવાલમાં બેસાડેલા આઈબોલ્ટ સાથે બાંધેલી છે અને તે આડી દિશાને ૨૦° ને ખૂણે ઢળતી છે. બીજી સાંકળને છાપરાંનાં ભાર-વટ્ટીઆ સાથે બાંધેલી છે અને તે આડી દિશાને ૭૩° ને ખૂણે ઢળતી છે, તો તે સાંકળો ઉપર આવતાં ખેંચાણનાં જોરો શોધો.

૫. એક ત્રિકોણાકાર ચોકકું ત્રણ સળીયાઓનું બનેલું છે, અને તેમની લંબાઈ ૬ ફુટ, ૮ ફુટ અને ૧૦ ફુટ છે. સૌથી લાંબો સળીયો આડી દિશામાં છે. ૨ ટનનું વજન ઉપલા સાંધા ઉપરથી ઉભી દિશામાં કાર્ય કરે એમ લટકાવ્યું છે, તો તે ચોકકાંનાં દરેક અવયવ (ભાગ) ઉપર કાર્ય કરતાં જોરો શોધો. જે ભાગો ખેંચાણમાં હોય તે પાતળી લીટી વડે અને દબાણમાં હોય તે જાડી લીટી વડે દોરીને દર્શાવો.

૬. એક મીજગરાં Aને ઉભી દિવાલ સાથે બીજાં મીજગરાં Bની ૬ ફુટ ઉપર ઉભી દિશામાં સજ્જડ કરેલું છે. એક ત્રિકોણ આકાર ચોકકું ABC કે જેમાં AC ૮ ફુટ અને BC ૧૦ ફુટ છે તેને મીજગરાં (hinges) A અને B આગળ જોડેલું છે, જેથી

તે રચના એક દિવાલની કેન (wall crane) બની રહે છે. $\frac{3}{4}$ ટનનાં એક વજનને એક સાંકળ સાથે બાંધેલું છે જે સાંકળ C આગળની ચુલી ઉપરથી પસાર થાય છે અને ચાર પછી તે CAની દિશાએ દિવાલની ખીજ બાજુ ઉપર આપેલી લપેટવાની રચના તરફ પસાર થાય છે. તો આકૃતિ વડે AC અને BC ઉપર આવતાં જોરો શોધો, અને તેઓ ખેંચાણનાં કે દબાણનાં જોર છે તે દર્શાવો.

૭. એક જીમ-કેનમાં જીમ આડી દિશાને 60° ને ખૂણે ઢળતો છે, અને જીમ ઉપરનું દબાણ ૧૬ ટન છે; જીમનાં છેડા ઉપરથી ૯ ટનનું વજન લટકાવવામાં આવ્યું છે, તો ટાઈ ઉપરનું ખેંચાણ શોધો.

૮. એક જીમ-કેનનાં મોડલમાં જીમ ૪૭ ઈંચ લાંબો અને ટાઈરોડ ૩૮ ઈંચ લાંબો છે. ટાઈરોડને જીમનાં નીચલા છેડાથી ઉભી દિશામાં ૩૧ ઈંચ ઉપર એક ચાંબલા સાથે જડેલો છે. જો જીમનાં ઉપલા છેડા ઉપરથી ૪૭ પૌંડનું વજન લટકાવવામાં આવે. તો જીમ અને ટાઈરોડ ઉપર આવતાં જોરો શોધો ?

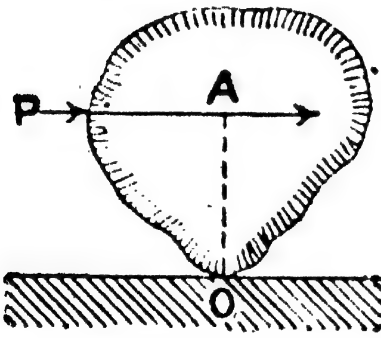
૯. ૨૦૦૦ પૌંડનાં એક વજનને એક પીન P ઉપરથી લટકાવ્યું છે, જે પીન આગળ ટુકડાઓ AP અને BP કેનનાં ટાઈ અને જીમની માફક મળે છે. ખૂણાઓ WPB અને WPA અનુક્રમે 30° અને 60° નાં છે. તો AB અને BPમાં જોરો કેવી રીતે શોધી શકાય તે આકૃતિ વડે દર્શાવો.

પ્રકરણ ૬૬

મોમેન્ટ, સમાંતર જોરો, લીવર્સ,

મોમેન્ટ (moment)—એક જોરનું મોમેન્ટ તેનાં ક્ષેત્રમાં કોઈ પણ બિંદુ સાથે સંબંધમાં લેતાં તે જોર સાથે તે બિંદુથી તે જોરનાં કાર્યની રેખા સુધીનાં લંબ (perpendicular એટલે કાટખૂણે આવેલાં) અંતરનાં ગુણાકારની બરાબર છે.

દાખલા તરીકે, આકૃતિ ૭૦માં એક પદાર્થ બિંદુ O ઉપર ટેકવાયલો છે, અને તે પદાર્થ ઉપર PA દિશામાં એક જોર P લાગુ પાડ્યો છે. ત્યારે, જો બિંદુ O થી જોર



આકૃતિ ૭૦

Pનાં કાર્યની રેખા સુધીનું લંબ અંતર OA હોય તો બિંદુ O આસપાસ તે પદાર્થને ફેરવવાનું વલણ કરતાં તે જોર Pનું મોમેન્ટ બરાબર $P \times OA$ છે.

જો જોરને પાંડમાં અને અંતરને પુટમાં લેવામાં આવે તો મોમેન્ટ પુટ-પાંડમાં આવશે, અને તેજ પ્રમાણે જો જોરને પાંડમાં અને અંતરને ઈંચિમાં લઈએ તો મોમેન્ટ ઈંચિ-પાંડમાં આવશે; અને એ પ્રમાણે જોર તથા અંતરનાં બીજાં એકમો વાપરી શકાય.

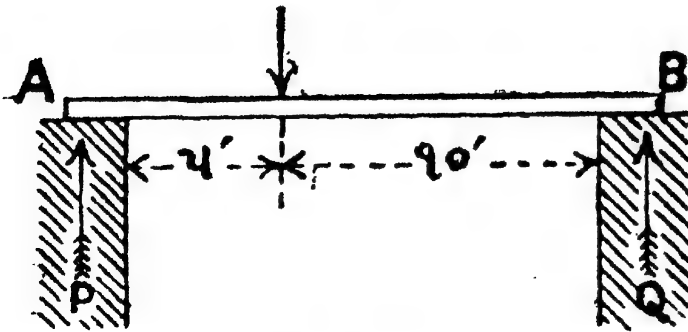
નોટ—જેમ આગળ સમજાવ્યું તેમ ક્રિયામાં થયેલાં કામના જથ્થાનાં સંબંધમાં વપરાયલા પુટ-પાંડ, ઈંચિ-પાંડ, વીગેરે સંજ્ઞા સાથે જોરનાં મોમેન્ટનાં સંબંધમાં વપરાયેલી એજ સંજ્ઞાને ભેળસેળ કરીનાં ખવી જોઈએ નહીં.

મોમેન્ટનો નિયમ—જો જોરોની કોઈ પણ સંખ્યા એક કઠણ પદાર્થ ઉપર એક ક્ષેત્રમાં કાર્ય કરે, ત્યારે આ જોરોનાં સમતોલપણા માટે, તે પદાર્થને તે ક્ષેત્રમાં કોઈ બિંદુ આસપાસ એક દિશામાં ફેરવવાનું વલણ કરતાં જોરોનાં મોમેન્ટનો સરવાળો તે પદાર્થને વિરુદ્ધ દિશામાં ફેરવવાનું વલણ કરનારાં જોરોનાં મોમેન્ટનાં સરવાળાની બરાબર છે. અથવા, ટુંકમાં આ નિયમને દર્શાવીએ તો, જ્યારે સમતોલપણું જળવાયલું હોય ત્યારે બિંદુ આસપાસનાં સામસામેનાં મોમેન્ટસ સરખાં છે.

તે પદાર્થને જમણા હાથ તરફની દિશામાં (એટલે ઘડીચાળનાં કાંટાની ગતિની દિશામાં) ફેરવવાનું વલણ કરતાં આ જોરોનાં મોમેન્ટને “**પોઝીટીવ (+) મોમેન્ટ**” કહેવામાં આવે, અને તે પદાર્થને ડાબા હાથ તરફની દિશામાં (એટલે ઘડીચાળનાં કાંટાની ગતિની વિરુદ્ધ દિશામાં) ફેરવવાનું વલણ કરતાં જોરોનાં બાકીનાં સમૂહનાં મોમેન્ટને “**નેગેટીવ (—) મોમેન્ટ**” કહેવામાં આવે, ત્યારે જોરો કે જે એક ક્ષેત્રમાં કાર્ય કરે છે અને એક બિંદુ આસપાસ સમતોલપણામાં છે તેનાં મોમેન્ટસનો એલજબ્રેકલ (એટલે બીજ ગણિત અથવા અક્ષર ગણિતની રીતે ગણેલો) સરવાળો શૂન્ય છે.

દાખલો ૧—૧૫ ફુટ લાંબા એક બીમને તેનાં છેડાઓ આગળ ટેકવેલો છે, અને તેનાં એક છેડાથી ૫ ફુટ દુર તે ઉપર ૩ ટનનું વજન મૂકેલું છે, તો તેનાં દરેક ટેકા ઉપરનું દબાણ અથવા પ્રતિકાર્ય શોધો ? બીમનું વજન ધ્યાનમાં લેવાનું નથી.

$$W=32n$$



આકૃતિ ૭૧

આકૃતિ ૭૧માં બતાવ્યા પ્રમાણે એક બીમ ABને તેનાં ટેકાઓ A અને B આગળ ટેકવેલો છે. અને P તથા Q તેનાં ટેકાઓ ઉપરનાં દબાણો અથવા પ્રતિકાર્યો છે. તે બીમ

ટેકા B આસપાસ ગોળ ફરવાને છુટો હોય એમ ધારી લેઓ, અને B આસપાસનાં તે ઉપર કાર્ય કરતાં જોરોનાં મોમેન્ટસ લેઓ. સારે પ્રતિકાર્ય P આ પ્રમાણે શોધો:—પ્રતિકાર્ય Pનો B આસપાસનો ધડીઆળનાં કાંટાની ગતિની દિશાનો મોમેન્ટ = $P \times ૧૫$ ફુટ-ટન.

B આસપાસનો વજન Wનો વિરૂદ્ધ દિશાનો મોમેન્ટ = $W \times ૧૦ = ૩ \times ૧૦ = ૩૦$ ફુટ-ટન.

Bની આસપાસ પ્રતિકાર્ય Qને મોમેન્ટ નથી, કારણ કે તેનાં કાર્યની લીટી Bમાંથી પસાર થાય છે. અને તેટલા માટે Bથી તેનાં કાર્યની રેખા વચ્ચેનું લંબ અંતર સૂન્ય છે.

હવે સમતોલપણા માટે ધડીઆળનાં કાંટાની ગતિની દિશાનો (clockwise) મોમેન્ટ એ તેની વિરૂદ્ધ દિશાનાં (anticlockwise) મોમેન્ટની બરાબર હોવો જોઈએ.

$$\therefore P \times ૧૫ = W \times ૧૦$$

$$P \times ૧૫ = ૩ \times ૧૦$$

$$\therefore P = \frac{૩૦}{૧૫} = \underline{૨} \text{ ટન}$$

એજ પ્રમાણે પ્રતિકાર્ય Q શોધવા માટે ટેકા Aની આસપાસનાં મોમેન્ટસ લેઓ, સારે

Qનો ધડીઆળનાં કાંટાની ગતિની વિરૂદ્ધ દિશાનો મોમેન્ટ = $Q \times ૧૫$ ફુટ-ટન.

Wનો ધડીઆળનાં કાંટાની ગતિની દિશાનો મોમેન્ટ = $W \times ૫ = ૩ \times ૫ = ૧૫$ ફુટ-ટન.

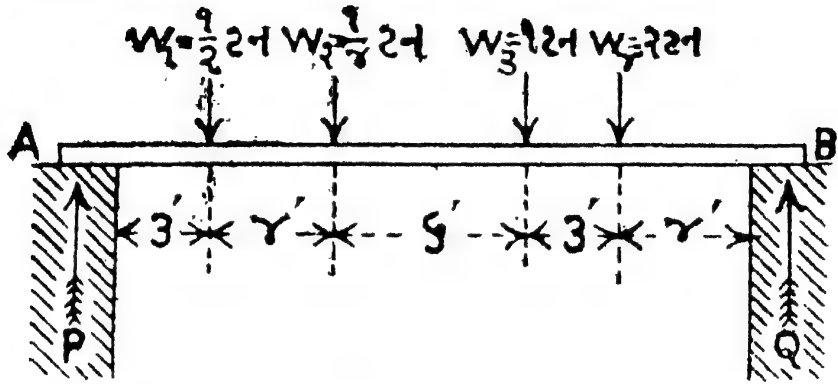
$$\therefore Q \times ૧૫ = ૩ \times ૫$$

$$\therefore Q = \frac{૩ \times ૫}{૧૫}$$

$$\therefore Q = \underline{૧} \text{ ટન}$$

દાખલો ૨—૨૦ ફુટ લાંબા એક પ્લીમને તેનાં છેડાઓ આગળથી ટેકવેલો છે, અને તે ઉપર આકૃતિ ૭૨માં દેખાડયા પ્રમાણે છેડા

A થી ૩ ફુટ દુર $\frac{1}{2}$ ટનનું વજન, છેડા A થી ૭ ફુટ દુર $\frac{1}{2}$ ટનનું વજન, છેડા B થી ૭ ફુટ દુર ૧ ટનનું વજન, અને છેડા B થી ૪ ફુટ દુર ૨ ટનનું વજન તે ખીમ ઉપર લાધેલાં છે, તે ખીમનું વજન હાલ તુરત ધ્યાનમાં ન લેતાં ટેકાઓ ઉપરનાં પ્રતિકાર્ય અથવા દબાણ શોધો ?



આકૃતિ ૭૨

આકૃતિ ૭૨માં દેખાડયા પ્રમાણે B ની આસપાસનું મોમેન્ટ લેતાં:—પ્રતિકાર્ય P નું ઘડીઆળનાં કાંટાની ગતિની દિશાનું મોમેન્ટ = $P \times ૨૦$ ફુટ-ટન.

વજનો W_1 , W_2 , W_3 , અને W_4 નાં વિરૂદ્ધ દિશાનાં મોમેન્ટસ—

$$W_1 \times ૧૭ = \frac{1}{2} \times ૧૭ = \frac{17}{2} = ૮.૫ \text{ ફુટ-ટન.}$$

$$W_2 \times ૧૩ = \frac{1}{2} \times ૧૩ = \frac{13}{2} = ૬.૫ \text{ ફુટ-ટન.}$$

$$W_3 \times ૭ = ૧ \times ૭ = ૭ \text{ ફુટ-ટન.}$$

$$W_4 \times ૪ = ૨ \times ૪ = ૮ \text{ ફુટ-ટન.}$$

કુલ વિરૂદ્ધ દિશાનાં મોમેન્ટસ = $૮.૫ + ૬.૫ + ૭ + ૮$
 ઘડીઆળનાં કાંટાની ગતિની દિશાનાં મોમેન્ટસ = વિરૂદ્ધ દિશાનાં મોમેન્ટસ.

$$\therefore P \times ૨૦ = \left(\frac{1}{2} \times ૧૭\right) + \left(\frac{1}{2} \times ૧૩\right) + (૧ \times ૭) + (૨ \times ૪)$$

$$૨૦P = ૨૬.૫$$

$$\therefore P = \frac{૨૬.૫}{૨૦}$$

$$\therefore P = \underline{૧.૩૩૭૫ \text{ ટન}}$$

એજ પ્રમાણે A ની આસપાસનાં મોમેન્ટ લેતાં પ્રતિકાર્ય Q નું ઘડીઆળનાં કાંટાની ગતિની વિરુદ્ધ દિશાનું મોમેન્ટ = $Q \times ૨૦$ યુટ-ટન.

વજનો $W_૧$, $W_૨$, $W_૩$, અને $W_૪$ નાં ઘડીઆળનાં કાંટાની ગતિની દિશાનાં મોમેન્ટસ—

$$W_૧ \times ૩ = \frac{૧}{૩} \times ૩ = ૧.૫ \text{ યુટ-ટન.}$$

$$W_૨ \times ૭ = \frac{૧}{૪} \times ૭ = ૧.૭૫ \text{ યુટ-ટન.}$$

$$W_૩ \times ૧૩ = ૧ \times ૧૩ = ૧૩ \text{ યુટ-ટન.}$$

$$W_૪ \times ૧૬ = ૨ \times ૧૬ = ૩૨ \text{ યુટ-ટન.}$$

મોમેન્ટનાં નિયમ પ્રમાણે—

$$Q \times ૨૦ = \left(\frac{૧}{૩} \times ૩\right) + \left(\frac{૧}{૪} \times ૭\right) + (૧ \times ૧૩) + (૨ \times ૧૬)$$

$$\therefore ૨૦Q = ૪૮.૨૫$$

$$\therefore Q = \frac{૪૮.૨૫}{૨૦} = \underline{\underline{૨.૪૧૨૫ \text{ ટન}}}$$

અથવા,

$$\text{પ્રતિકાર્ય } Q = \text{સઘળાં વજનોનો સરવાળો} - \text{પ્રતિકાર્ય } P$$

$$= ૩.૭૫ - ૧.૩૩૭૫$$

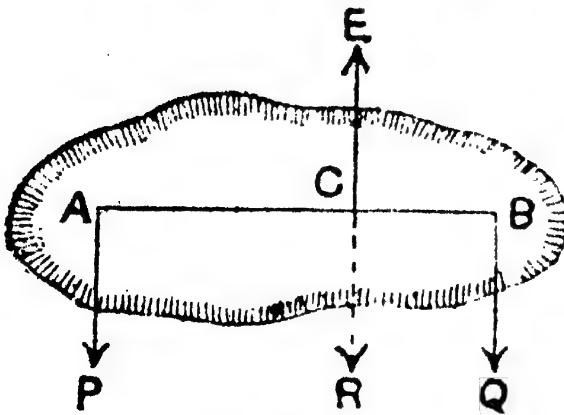
$$= \underline{\underline{૨.૪૧૨૫ \text{ ટન}}}$$

એક ખીજને સમાંતર કાર્ય કરતાં જોરો (**parallel forces**)—ઉપલા દાખલાઓમાં જોતાં જણાશે કે દરેક બાબદમાં જોરોની રચના હૈયાતી ધરાવે છે કે જે જોરોની રેખાઓ એક ખીજને સમાંતર છે. આ જોરોને સમાંતર જોરો એટલે પેરેલેલ ફોર્સીસ કહેવામાં આવે છે. વળી આ દાખલાઓની ગણતરી ઉપરથી માલમ પડશે કે નીચલી દિશામાં કાર્ય કરતાં જોરોનો સરવાળો ઉપલી દિશામાં કાર્ય કરતાં જોરોનાં સરવાળાની બરાબર છે. આ પ્રમાણે દાખલા ૧ લામાં નીચલી દિશાનું જોર ૩ ટન છે, અને ઉપલી દિશાનાં બે પ્રતિકાર્યોનો સરવાળો = $(૨ + ૧) = ૩$ ટન છે. તેજ પ્રમાણે ખીજ દાખલામાં છે. અથવા,

પેરેલેલ ફોર્સીસ એટલે સમાંતર જોરોની આપેલી રચનામાં એક દિશાનાં જોરોનો સરવાળો દરેક બાબદમાં ઉલટી દિશાનાં જોરોનાં સરવાળાની બરાબર હોવો જોઈએ, નહીંતર તે પદાર્થ વધુ સરવાળાની દિશા તરફ ખસશે. આ પ્રમાણે ખીમનાં દાખલાઓમાં જે પ્રતિકાર્યોનો સરવાળો વજનોનાં સરવાળા કરતાં ઓછો થાય તો ખીમ નીચે ખસે, અને એ જ પ્રમાણે જે પ્રતિકાર્યોનો સરવાળો વજનોનાં સરવાળા કરતાં વધુ આવે તો ખીમ ઉપર ઉંચકાય.

લાઠક અને અનલાઠક પેરેલેલ ફોર્સીસ—ન્યારે બે જોરો એક ખીમને સમાંતર એક જ દિશામાં કાર્ય કરે ત્યારે તે જોરોને “સમાન સમાંતર જોરો” એટલે લાઠક પેરેલેલ ફોર્સીસ (like parallel forces) કહે છે, અને ન્યારે બે સમાંતર જોરો એક ખીમથી વિરુદ્ધ દિશામાં કાર્ય કરે ત્યારે તેઓને અસમાન સમાંતર જોરો (unlike parallel forces) કહેવામાં આવે છે.

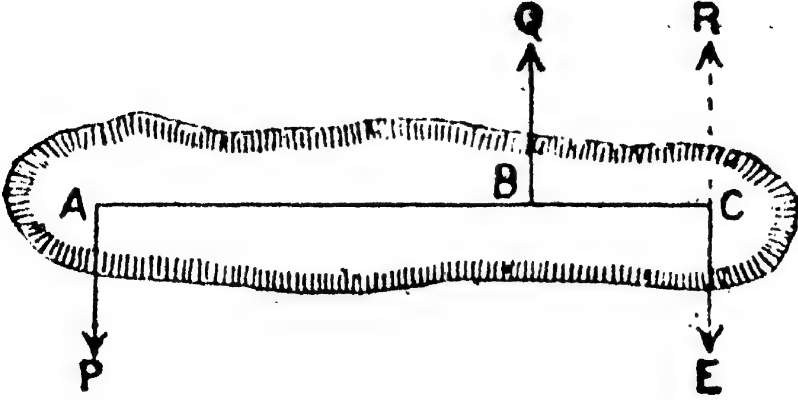
સમાંતર જોરોનો રીઝલ્ટન્ટ—બે સમાન સમાંતર જોરો અથવા લાઠક પેરેલેલ ફોર્સીસનો રીઝલ્ટન્ટ તે જોરોનાં સરવાળાની બરાબર છે અને તે તે જોરોની દિશામાં કાર્ય કરે છે; એટલે આકૃતિ ૭૩માં દેખાડ્યા પ્રમાણે P અને Q જોરોને સમાંતર એક જોર E કે જે $P + Q$ ની બરાબર છે તે આ બે જોરોને C આગળ સમતોલ કરશે કે જેથી Cની આસપાસનાં મોમેન્ટસ સરખા અને વિરુદ્ધ છે. ત્યારે C આગળ કાર્ય કરતું Eની બરાબરનું અને વિરુદ્ધ દિશાનું એક



આકૃતિ ૭૩

જોર Rએ P અને Qનો રીઝલ્ટન્ટ દર્શાવશે. ત્યારે $R = P + Q$; અને આ રીઝલ્ટન્ટ R બિંદુ C આગળ કાર્ય કરશે, જે બિંદુ C આગળ Rની લીટી P અને Q વચ્ચેનાં અંતરને P અને Qનાં ઉલટા પ્રમાણમાં વિભક્ત કરશે. આ બિંદુ C કે જેને સમાંતર જોરોનું

મધ્ય કહેવામાં આવે છે તેનું સ્થાન નીચે પ્રમાણે શોધી શકાય:—



આકૃતિ ૭૪

જોર P જેમ જોર Qનાં પ્રમાણમાં છે તેમ અંતર BC એ ACનાં પ્રમાણમાં છે, જેમકે $P : Q :: BC : AC$,

અથવા $\frac{P}{Q} = \frac{BC}{AC}$, અથવા $P \times AC = Q \times BC$.

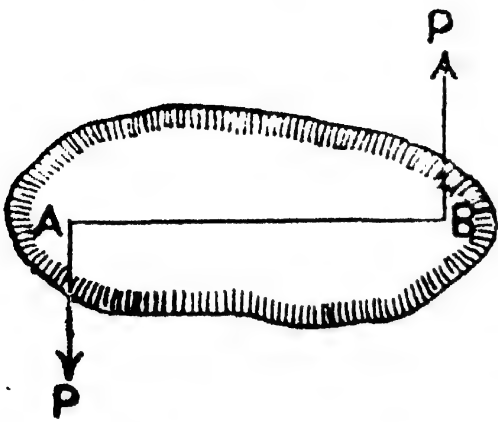
જે અસમાન સમાંતર જોરો અથવા અનનાર્ધક પેરેલેલ ફોર્સીસને રીઝલ્ટન્ટ તે જોરો વચ્ચેનાં તફાવતની બરાબર છે, અને તે મોટા જોરની દિશામાં કાર્ય કરે છે.

આ પ્રમાણે આકૃતિ ૭૪માં P અને Q જે અસમાન (unlike) સમાંતર જોરો છે, જેમાં Q જોર P જોર કરતાં મોટું છે, તો P અને Qને સમાંતર એક જોર E કે જે Q-Pની બરાબર છે તે આ જે જોરોને C બિંદુ આગળ સમતોલ કરશે, કે જેથી Cની આસપાસનાં મોમેન્ટસ સરખાં અને વિરૂદ્ધ છે. ત્યારે C બિંદુ આગળ કાર્ય કરતું Eની બરાબરનું અને વિરૂદ્ધ દિશાનું એક જોર Rએ P અને Qનો રીઝલ્ટન્ટ દર્શાવશે; ત્યારે $R = Q - P$, અને એ રીઝલ્ટન્ટ R લંબાવેલાં અંતર ABમાંનાં C બિંદુ આગળ Qની દિશામાં કાર્ય કરે છે,

જેમકે, $P : Q :: BC : AC$, અથવા $\frac{P}{Q} = \frac{BC}{AC}$,

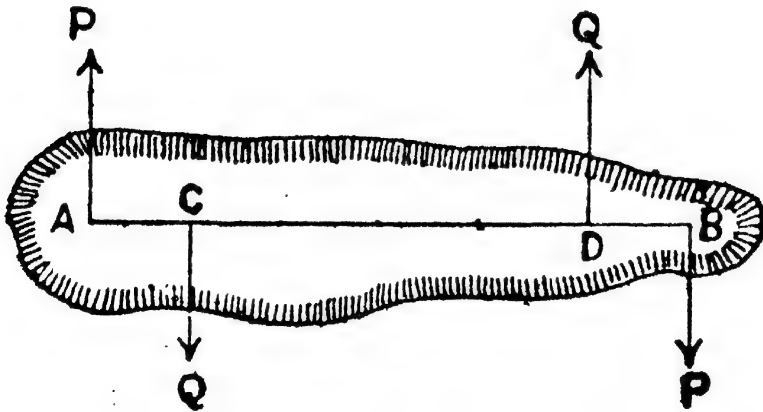
અથવા $P \times AC = Q \times BC$.

કપલ (Couple)—બ્યારે બે સમાંતર જોરો સરખાં હોય અને એક પદાર્થ ઉપર તેઓ એક બીજાથી વિરુદ્ધ દિશામાં કાર્ય કરે ત્યારે તે જોરોને “કપલ” કહેવામાં આવે છે. ટુંકમાં સરખાં અને



અસમાન સમાંતર જોરો (equal & unlike parallel forces) મળીને “કપલ” (જોડી) બનેલી કહેવાય છે. જુઓ આકૃતિ ૭૫. તે જોરોનાં કાર્યની રેખાઓ વચ્ચેનાં લંબ અંતરને “કપલનો આર્મ” કહેવામાં આવે છે, અને તે જોરોમાંનાં કોઈ પણ એક જોરને આર્મ સાથે ગુણવાથી જે આવે તેને “કપલનો

મોમેન્ટ” કહેવામાં આવે છે. એક કપલ જે પદાર્થ ઉપર કાર્ય કરે છે તે પદાર્થને માત્ર ગોળ ફેરવવાનું વલણ કરે છે, કારણ કે તેને રીઝલ્ટન્ટ નથી; કારણ કે $R = P - P = 0$ છે.



આકૃતિ ૭૬. બે સમતોલ થયેલી કપલ્સ.

તોપણ એક કપલ એકજ પ્લેનમાં કાર્ય કરતી અને પદાર્થને વિરુદ્ધ દિશામાં ફેરવવાનું વલણ કરતી સરખા મોમેન્ટની બીજી કપલ વડે સમતોલ કરી શકાય. આકૃતિ ૭૬માં જે બંને કપલ્સનાં મોમેન્ટ

સરખાં હોય એટલે જો $P \times AB = Q \times CD$ હોય તો કપલ P , AB , P એ કપલ Q , CD , Q વડે સમતોલ થશે. ધારો કે P , $P =$ દરેક ૮ પૌંડ, અને Q , $Q =$ દરેક ૧૦ પૌંડ હોય તથા $AB = ૧૦$ ફુટ અને $CD = ૮$ ફુટ હોય, ત્યારે $P \times AB = Q \times CD$, $\therefore ૮ \times ૧૦ = ૧૦ \times ૮, \therefore ૮૦ = ૮૦$.

કપલ્સનાં વ્યવહારમાં આવતા દાખલાઓ વહાણનાં કેપ્સ્ટનમાં (વહાણનું લંગર ઉંચકવા તથા દરીઆમાં નાંખવા માટે સાંકળ અથવા દોરડાંને લપેટવા તથા ઉકેલવાનું યંત્ર), કાગળોની નકલ છાપવાનાં કોર્પીંગ સ્ક્રુ પ્રેસમાં, કપડાં વીગેરે સામનની ગાંસડી બાંધવાનાં સ્ક્રુ પ્રેસમાં, પાતળી પ્લેટમાં પંચ વડે વેહ પાડવા માટેનાં અથવા ધાતુ ઉપર સીક્કા પાડવા માટેનાં ફ્લાઈ પ્રેસમાં, વીગેરે વારંવાર માલમ પડે છે.

ગુરૂત્વમધ્યબિંદુ (centre of gravity અથવા centroid સેન્ટર ઓફ ગ્રેવીટી અથવા સેન્ટરોઈડ)—જે આણુઓનો કોઈ પણ પદાર્થ બનેલો હોય છે તે આણુઓ પૃથ્વી તરફ જોરો વડે ખેંચાય છે કે જે જોરો આ આણુઓનાં જથ્થાઓનાં પ્રમાણમાં છે. સઘળાં વ્યવહારીક કામો માટે આ જોરો સમાંતર હોય એમ ધારી લેવાય, અને તેનો રીઝલ્ટન્ટ આ સમાંતર જોરોનાં મધ્યમાંથી કાર્ય કરશે. આ બાબદમાં સમાંતર જોરોનું મધ્ય તે પદાર્થનું “ગુરૂત્વમધ્યબિંદુ” કહેવાય છે, અને ગુરૂત્વમધ્યબિંદુ નક્કી કરવા માટે સમાંતર જોરોની રચનાનું મધ્યબિંદુ શોધવામાં આવે છે.

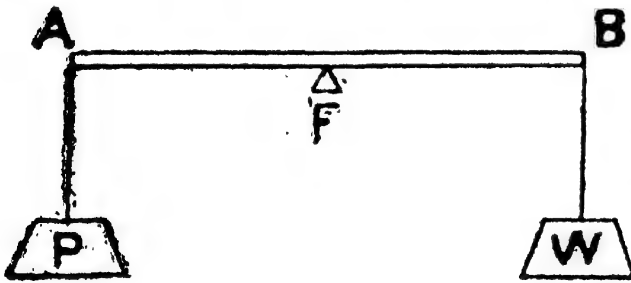
એક પદાર્થનાં ગુરૂત્વમધ્યબિંદુની વ્યાખ્યા નીચે પ્રમાણે આપી શકાય—એક પદાર્થનું ગુરૂત્વમધ્યબિંદુ એ તે પદાર્થમાંનું એક બિંદુ છે કે જે બિંદુ ઉપરથી જો તે પદાર્થને લટકાવવામાં આવે તો તે પદાર્થ કોઈ પણ સ્થાનમાં સમતોલ રહેશે.

લીવર્સ.

લીવર—એક કઠણ સળીયો છે કે જે સ્થાઈ બિંદુ આસપાસ ફરવાને શક્તિમાન હોય તેને “લીવર” (lever) કહેવામાં આવે છે. સ્થાઈ બિંદુને “ફલક્રમ” (fulcrum) એટલે ટેકણુબિંદુ (F) કહે છે. લીવર ઉપર એક દિશામાં કાર્ય કરતો એક જોર અથવા જોરોનો સમૂહ હોય છે કે જેને આપણે ખેંચાણ અથવા દબાણ (P) કહીશું, અને વિરુદ્ધ દિશામાં કાર્ય કરતો દુર કરવાનો અવરોધ અથવા અવરોધોનાં સમૂહને વજન (W) કહીશું. દબાણ P અને વજન W એ ફલક્રમ F આગળ પ્રતિકાર્ય ઉત્પન્ન કરે છે જેને ઇકવીલીબ્રન્ટ E એટલે સમતોલ કરનાર કહેવામાં આવે છે.

આર્મ—ફલક્રમ અને દબાણ અથવા જોર P વચ્ચેનાં તથા ફલક્રમ અને વજન W વચ્ચેનાં લીવરનાં ભાગોને લીવરનાં આર્મ કહેવામાં આવે છે.

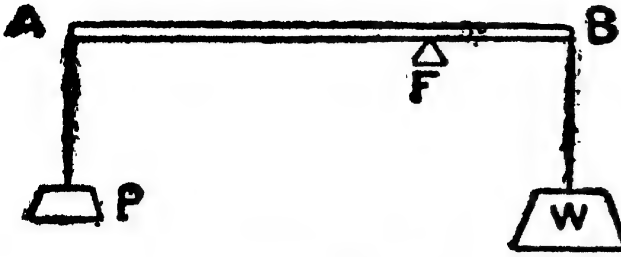
લીવરમાં સમતોલપણાની સ્થિતિઓ—(૧) જ્યાં આગળ P અને W નાં આર્મ સરખા હોય—ધારોકે આકૃતિ ૭૭માં AB



B વજન વિનાનું લીવર છે અને તેનું ફલક્રમ F મધ્યમાં છે, ત્યારે AF અંતર Pનો આર્મ અને BF અંતર Wનો આર્મ કહેવાય છે. ત્યારે F બિંદુ આસપાસ Pનો મોમેન્ટ

આકૃતિ ૭૭
 $= P \times AF$, અને Wનો મોમેન્ટ $= W \times BF$ છે. આ મોમેન્ટસ એક બીજાથી વિરુદ્ધ દિશામાં છે, અને તે લીવરને F આસપાસ ફેરવવાને અનુક્રમે P અને Wની કિંમત દર્શાવે છે. અહીંયા $AF = BF$ છે, અને જ્યારે લીવર સમતોલ હોય ત્યારે P અને Wનાં મોમેન્ટસ સરખાં છે, તેથી $P \times AF = W \times BF$ છે, તેટલા માટે $P = W$ થશે.

(૨) જ્યાં આગળ P અને W નાં આર્મ સરખા ન હોય—
ધારો કે આકૃતિ ૭૮ માં AB વજન વિનાનું લીવર છે. P નો મોમેન્ટ
 $= P \times AF$, અને W નો મોમેન્ટ $= W \times BF$. આ મોમેન્ટસ



એક ખીજાથી વિરુદ્ધ છે, અને લીવરને F બિંદુ આસપાસ ફેરવવાનું વલણ કરે છે. તેટલા માટે મોમેન્ટનાં નિયમ પ્રમાણે સમતોલપણું જાળવવા માટે આ મોમેન્ટસ સરખાં હોવાં

આકૃતિ ૭૮

જોઈ એ, અથવા $P \times AF = W \times BF$,

અથવા $P : W :: BF : AF$, અને $\frac{P}{W} = \frac{BF}{AF}$, અથવા

દબાણ અથવા કરેલું જોર P અને વજન W એ તેમનાં પોતાનાં આર્મસનાં ઉલટા પ્રમાણમાં છે.

લીવરનાં ઓરડર એટલે ક્રમ—ખેંચાણ અથવા દબાણ અથવા જોર P, ફલક્રમ F, અને વજન W ને એક ખીજા સાથે સંબંધમાં સેતાં ત્રણ રીતોએ ગોઠવી શકાય. તેટલા માટે વારંવાર લીવરોનાં ત્રણ જાતનાં વર્ગો પાડવામાં આવે છે જેઓને (૧) લીવર ઓફ ધી ફર્સ્ટ ઓરડર એટલે પહેલા ક્રમનું લીવર, (૨) લીવર ઓફ ધી સેકન્ડ ઓરડર એટલે બીજા ક્રમનું લીવર, અને (૩) લીવર ઓફ ધી થર્ડ ઓરડર એટલે ત્રીજા ક્રમનું લીવર કહેવામાં આવે છે.

જે લીવર ઉપર કરેલું જોર P અને વજન W ની વચ્ચે ફલક્રમ F હોય તે લીવરને “લીવર ઓફ ધી ફર્સ્ટ ઓરડર” કહેવામાં આવે છે.

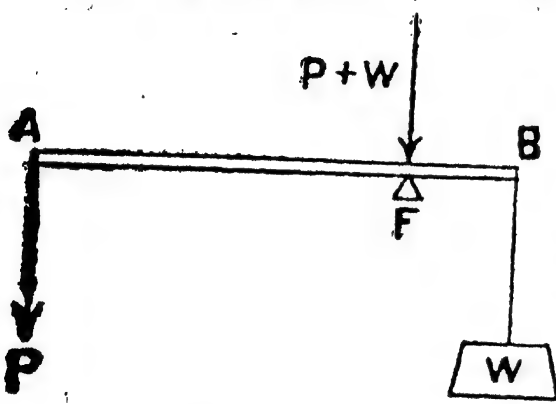
જે લીવર ઉપર કરેલું જોર P અને ફલક્રમ F ની વચ્ચે વજન

W હોય તે લીવરને “લીવર ઓફ ધી સેકન્ડ ઓર્ડર” કહેવામાં આવે છે.

જે લીવર ઉપર વજન W અને ફલક્રમ Fની વચ્ચે જોર P હોય તે લીવરને “લીવર ઓફ ધી થર્ડ ઓર્ડર” કહેવામાં આવે છે.

તોપણ ઉપલી બાબતો વ્યવહારીક અગત્યની નથી, કારણ કે ત્રણે બાબતમાં નિયમ એકજ સરખો છે.

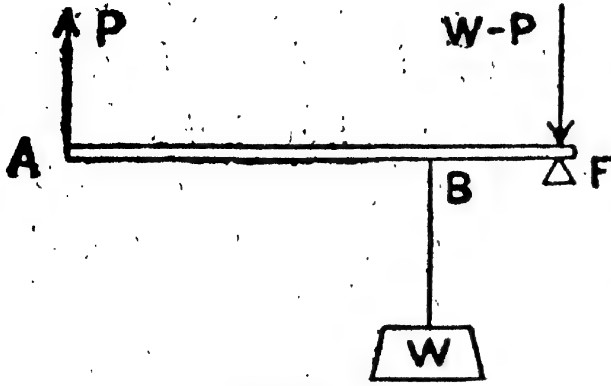
આકૃતિ ૭૯માં “લીવર ઓફ ધી ફર્સ્ટ ઓર્ડર” એટલે “પહેલા ક્રમનો લીવર” દેખાડ્યો છે. એમાં A આગળ નીચલી



દિશામાં કાર્ય કરતું જોર P એ B આગળનાં વજન Wનાં કાર્યને લીધે લીવરને સમતોલ રાખે છે. લીવરનાં પહેલા ઓર્ડર એટલે ક્રમનાં દાખલાઓ વ્યવહારમાં ઘણાં મળે છે; જેવા કે, ત્રાજવાની દાંડી, સ્ટીલ યાર્ડ (લાકડાં,

આકૃતિ ૭૯
અનાજની ગુણીઓ, વીગેરે તોલવા માટે વપરાતો કાંટો), પથ્થર ઉપાડવા માટે વપરાતો કોબ્યાર (પરઘ), વીગેરે. કાંતર, પક્રડ, સાંડસી, વીગેરે સામાન્ય ફલક્રમ ઉપર ફરતાં પહેલા ક્રમનાં ડમલ લીવર્સ છે. આ ક્રમનાં લીવરમાં ફલક્રમ ઉપર આવતું દબાણ = $P + W$ છે જે નીચલી દિશામાં કાર્ય કરે છે, અને પ્રતિકાર્ય = $P + W$ છે જે ઉપલી દિશામાં કાર્ય કરે છે.

આકૃતિ ૮૦માં “લીવર ઓફ ધી સેકન્ડ ઓર્ડર” એટલે “બીજા ક્રમનું લીવર” દેખાડ્યું છે. એમાં જોર P અને



આકૃતિ ૮૦

ફલક્રમ Fની વચ્ચે વજન W આવે છે. લીવરને સમતોલ રાખવા માટે P અને Wનાં મોમેન્ટસ સરખાં હોવાં જોઈએ. આ નીચે પ્રમાણે સાબેત કરી શકાય:- ફલક્રમ F ઉપરનું દબાણ = W - P છે અને તે

નીચલી દિશામાં કાર્ય કરે છે, તેટલા માટે આપણે ઉપલી દિશામાં કાર્ય કરતાં પ્રતિકાર્ય W - Pની બરાબરનું જોર લીવરનાં સમતોલપણા (ઇક્વિલીબ્રીયમ)ને હરકત ન આવે તેમ F ઉપરનાં દબાણને બદલે મુકીએ. ત્યારે, જો Bને ફલક્રમ તરીકે ગણીએ તો આપણને પહેલા ક્રમનું લીવર મળશે કે જેનાં મોમેન્ટસ $P \times AB$ અને $(W - P) \times FB$ થશે, જે સરખાં હોવાં જોઈએ. તેટલા

માટે,
$$P \times AB = (W - P) \times FB$$

$$\therefore P \times AB = W \times FB - P \times FB$$

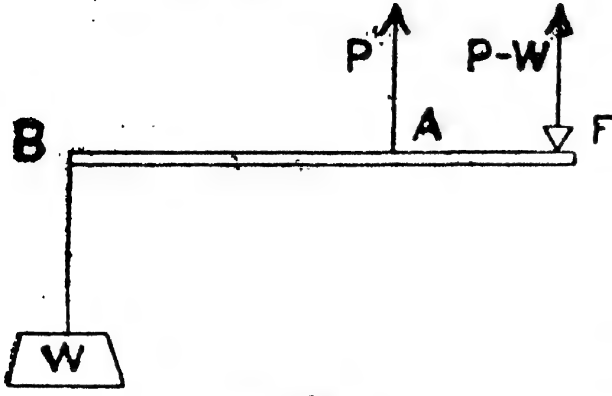
$$P \times AB + P \times FB = W \times FB$$

$$P (AB + FB) = W \times FB$$

અથવા,
$$P \times AF = W \times BF.$$

ખીજા ક્રમનાં લીવરનાં વ્યવહારીક દાખલાઓ, જેવાકે, કોપ્પાર જ્યારે વજન ઉપાડવા માટે વપરાય તે વેળાએ તેનો એક છેડો જમીન ઉપર હોય છે ત્યારે તે ખીજા ક્રમનું લીવર છે. વહાણનું હલેસું એ પણ ખીજા ક્રમનું લીવર છે. સુડી ખીજા ક્રમનું ડબલ લીવર છે, જેમાં બન્ને લીવર્સ સામાન્ય ફલક્રમ ઉપર ફરે છે. આ જાતનાં લીવરમાં P હમેશાં W કરતાં ઓછો હોય છે, અને Pનો આર્મ Wનાં આર્મ કરતાં મોટો છે.

આકૃતિ ૮૧માં “લીવર ઓફ ધી થર્ડ ઓરડર” એટલે “ત્રીજા ક્રમનું લીવર” બતાવ્યું છે. એમાં જોર P એ વજન



W અને ફલક્રમ F ની વચ્ચે આવે છે, તેટલા માટે વજન W કરતાં જોર P વધુ થશે, કારણ કે Pનો આર્મ ડુંકો છે. આ બાબદમાં સમતોલપણાની સ્થિતિ ઉપર આપેલી બંને બાબદોનાં જોવીજ છે, એટલે P અને

આકૃતિ ૮૧

Wનાં મોમેન્ટસ સરખાં છે, અથવા $P \times AF = W \times BF$ છે. ફલક્રમ ઉપરનું દબાણ P - W ઉપરની દિશામાં કાર્ય કરે છે, કારણ કે P એ W કરતાં મોટો છે, અને પ્રતિકાર્ય P - W નીચેની દિશામાં કાર્ય કરે છે. ત્રીજા ક્રમનાં લીવરમાં ઉપાડવાનાં વજન કરતાં જોર વધુ જોઈતું હોવાથી યાંત્રિક લાભ (મીકેનિકલ એડવાન્ટેજ) કશો પણ મળતો નથી, તેથી વ્યવહારમાં આ ક્રમનાં લીવર વપરાતાં નથી.

દાખલો ૩—પહેલા ક્રમનાં લીવરમાં જો Pનો આર્મ ૮ ફુટ હોય અને P ૨૦ પૌંડ હોય તો Pનું મોમેન્ટ શોધો ?

$$\begin{aligned} P \text{નું મોમેન્ટ} &= P \times P \text{નો આર્મ} \\ &= ૨૦ \times ૮ \\ &= \underline{૧૬૦ \text{ ફુટ-પૌંડ}} \end{aligned}$$

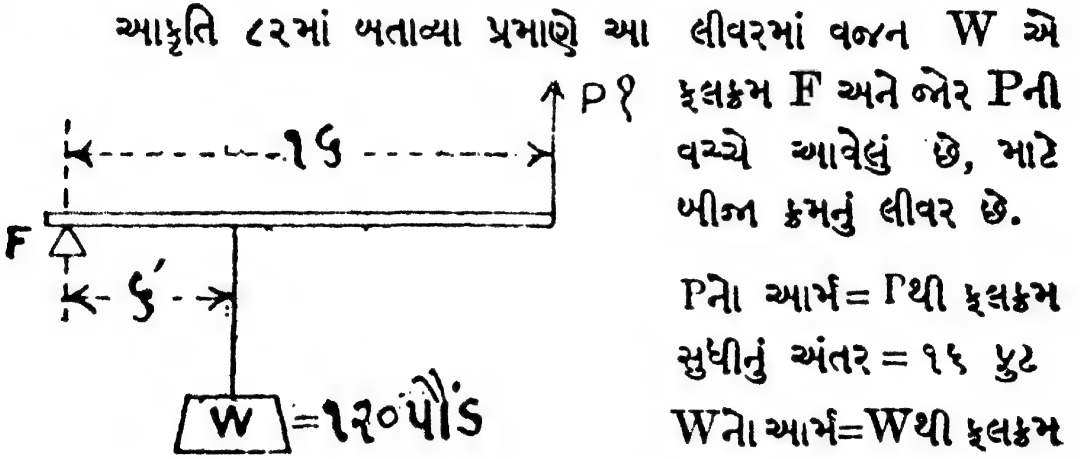
દાખલો ૪—પહેલા ક્રમનાં લીવરમાં જોર P ૬૫ પૌંડ અને તેનો આર્મ ૨૪ ઇંચ છે. વજન W ૫૨૦ પૌંડ છે, તો Wનો આર્મ શોધો, અને ફલક્રમ ઉપરનું દબાણ શોધો ?

$$\begin{aligned} P \times P \text{નો આર્મ} &= W \times W \text{નો આર્મ} \\ ૪૮ \times ૨૪ &= ૫૨૦ \times W \text{નો આર્મ} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \therefore W \text{નો આર્મ} &= \frac{૪૮ \times ૨૪}{૫૨૦} \\ &= \underline{૩ \text{ ઇંચ}} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{ફલક્રમ ઉપરનું દબાણ} &= P + W \\ &= ૬૫ + ૫૨૦ \\ &= \underline{૫૮૫ \text{ પૌંડ}} \end{aligned}$$

દાખલો ૫—એક લીવર ૧૬ ફુટ લાંબો છે, અને તેને એક છેડે આવેલાં ફલક્રમ આસપાસ તે ફરી શકે છે. ફલક્રમથી ૬ ફુટ દુર ૧૨૦ પૌંડનું વજન તે ઉપર લટકાવેલું છે, તો આ લીવરને સમતોલ રાખવા માટે લીવરનાં છુટા છેડા ઉપર ઉપલી દિશામાં કેટલું જોર લાગુ પાડવું જોઈશે ? વળી ફલક્રમ ઉપરનું દબાણ શોધો. આ લીવર કયા ક્રમનું છે તે જણાવો.



$$W = 120 \text{ પૌંડ}$$

આકૃતિ ૮૨

$$P \times 1 \text{નો આર્મ} = W \times W \text{નો આર્મ}$$

$$P \times 16 = 120 \times 6$$

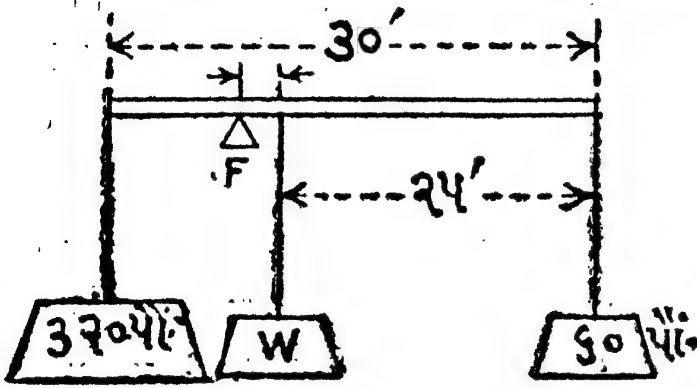
$$\begin{aligned} \therefore P &= \frac{120 \times 6}{16} \\ &= \underline{45 \text{ પૌંડ}} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{ફલક્રમ ઉપરનું દબાણ} &= W - P \\ &= 120 - 45 \\ &= \underline{75 \text{ પૌંડ}} \end{aligned}$$

દાખલો ૬—એક લીવર ૪૦ ફુટ લાંબુ છે, અને તે ફલક્રમ F આસપાસ ફરી શકે છે. ફલક્રમ ડાબા હાથ તરફનાં છેડાથી ૧૦

પુટ દુર છે. ડાબા હાથ તરફનાં છેડા આગળ ૩૨૦ પૌંડનું, અને જમણા છેડા આગળ ૬૦ પૌંડનું વજન લટકાવેલાં છે, તો લીવરને સમતોલપણામાં એટલે આડી દિશામાં રાખવા માટે જમણા છેડાથી ૨૫ પુટ દુર તે લીવર ઉપર કેટલું વજન લટકાવવું જોઈશે ?

આકૃતિ ૮૩માં બતાવ્યા પ્રમાણે ફલકમની જમણી બાજુએ કાર્ય



આકૃતિ ૮૩

કરતાં સમાંતર જોરે

૬૦ પૌંડ અને W

પૌંડ છે, અને ૬૦

પૌંડનાં જોરનો આર્મ

૩૦ પુટ તથા W નો

આર્મ $(૩૦ - ૨૫) = ૫$

પુટ છે. ત્યારે આ જોરોનાં

મોમેન્ટસ અનુક્રમે $૬૦ \times$

૩૦ અને $W \times ૫$ છે. ફલકમની ડાબી બાજુએ કાર્ય કરતું જોર ૩૨૦

પૌંડ છે, જોરનો આર્મ ૧૦ પુટ છે, ત્યારે તેનો મોમેન્ટ ૩૨૦×૧૦ છે.

સમતોલપણાની સ્થિતિ માટે ફલકમની એક બાજુનાં મોમેન્ટ અથવા મોમેન્ટસનો સરવાળો બરાબર ફલકમની બીજી બાજુનાં મોમેન્ટ અથવા મોમેન્ટસનો સરવાળો છે; ત્યારે

$$(૬૦ \times ૩૦) + (W \times ૫) = ૩૨૦ \times ૧૦$$

$$૧૮૦૦ + ૫W = ૩૨૦૦$$

$$\therefore ૫W = ૩૨૦૦ - ૧૮૦૦$$

$$\therefore ૫W = ૧૪૦૦$$

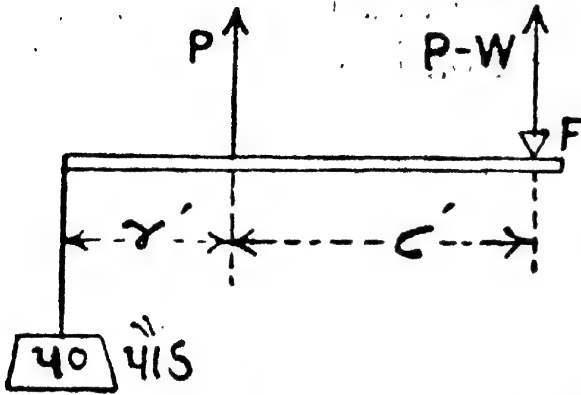
$$W = \frac{૧૪૦૦}{૫}$$

$$= ૨૮૦ \text{ પૌંડ}$$

દાખલો ૯—એક લીવર ૧૨ પુટ લાંબુ છે, અને તેનો એક છેડો ફલકમ ઉપર ટેકવેલો છે. તેને બીજે છેડે ૫૦ પૌંડનું વજન લટકાવેલું છે, તો ફલકમથી ૮ પુટ દુર ઉપલી દિશામાં કાર્ય કરતું કેટલું જોર

તે લીવર ઉપર લાગુ પાડવું જોઈએ કે જેથી લીવર આડી દિશામાં જળવાયલું રહે ? અને ફલક્રમ ઉપર કેટલું દબાણ આવશે ? આ લીવર કયા ક્રમનું છે તે જણાવો.

આકૃતિ ૮૪માં ખતાવ્યા પ્રમાણે આ લીવરમાં જોર P એ ફલક્રમ અને વજન Wની વચ્ચે છે, માટે ત્રીજા ક્રમનું લીવર છે.



$$P \times l = 40 \times l'$$

$$\therefore P = \frac{40 \times l'}{l}$$

$$= \underline{94 \text{ પૌંડ}}$$

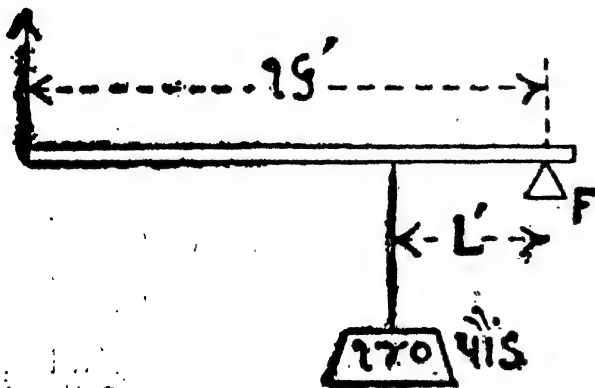
આકૃતિ ૮૪

$$\text{ફલક્રમ ઉપરનું દબાણ} = P - W$$

$$= 94 - 40$$

$$= \underline{54 \text{ પૌંડ}}$$

દાખલો ૮—એક લીવર ૧૬ ફુટ લાંબું છે અને તેનો એક છેડો ફલક્રમ ઉપર ટેકવેલો છે. તેને બીજો છેડો ઉપલી દિશામાં કાર્ય કરતાં ૪૫ પૌંડનાં જોર વડે લીવર ઉપર લટકાવેલું ૧૪૦ પૌંડનું વજન ટેકવવાનું છે, તો આ વજનને ફલક્રમથી કેટલે દુર મુકવું જોઈએ કે જેથી લીવર આડી દિશામાં જળવાઈ રહે. વળી ફલક્રમ ઉપરનું દબાણ શોધો.



આકૃતિ ૮૫

આકૃતિ ૮૫માં આ લીવર ખતાવ્યું છે.

$$45 \times 16 = 140 \times l'$$

$$\therefore l' = \frac{45 \times 16}{140}$$

$$= \underline{5.14 \text{ ફુટ}}$$

દાખલો ૯—એક લુહારની સાંડસીમાં તેનાં જડબાંઓ

સાંધાની પીનથી ૨ ઇંચ દુર છે. હાથાઓને પીનથી ૧૨ ઇંચ દુર દરેક હાથા ઉપર ૪૦ પૈડાંનાં જોર વડે દબાવીને પકડવામાં આવે છે, તો તે સાંડસીમાં પકડેલા દાગીના ઉપર કેટલું દબાણનું જોર આવશે, અને વળી સાંધાની પીન ઉપર કેટલું દબાણ આવશે ?

એમ માની લઈએ કે સાંડસીનો નીચલો હાથો સ્થાઈ છે, અને ઉપલા હાથા ઉપરનું કાર્ય ધ્યાનમાં લઈએ, તો આ એક માત્ર સાદાં પહેલાં ક્રમનાં લીવરનો દાખલો થશે.

ધારોકે $W =$ દાગીનાં ઉપર આવતું દબાણ.

$$૪૦ \times ૧૨ = W \times ૨$$

$$\therefore W = \frac{૪૦ \times ૧૨}{૨}$$

$$= ૨૪૦ \text{ પૈડાં.}$$

પીન ઉપરનું દબાણ $= P + W$

$$= ૪૦ + ૨૪૦$$

$$= ૨૮૦ \text{ પૈડાં.}$$

દાખલો ૧૦—એક સુડીની આખી લંબાઈ તેનાં સાંધાની પીનથી તે હાથાનાં છેડા સુધી ૭ ઇંચ છે. પીનથી $૧\frac{૩}{૪}$ ઇંચ દુર સોપારીને કાપવા માટે સુડીમાં મુકવામાં આવી છે, અને તેનાં હાથાનાં છેડાઓ આગળથી ૩૦ પૈડાંનાં જોર વડે દબાવવામાં આવે છે, તો સોપારી કેટલા દબાણનાં જોરથી કપાશે ? અને વળી સાંધાની પીન ઉપર આવતું દબાણ શોધો.

એમાં નીચલો હાથો સ્થાઈ છે, અને ઉપલો હાથો દબાણ કરે છે, ત્યારે આ સાદાં ખીજા ક્રમનાં લીવરનો દાખલો થશે.

૩૦ પૈડાંનાં જોરનો લીવરેજ અથવા આર્મ = પીનથી હાથાનાં છેડા સુધીની સુડીની આખી લંબાઈ; અને સોપારી ઉપર આવતાં દબાણનાં જોરનો લીવરેજ અથવા આર્મ = સોપારીનાં સ્થાનથી પીન સુધીનું અંતર.

ધારોકે $W =$ સોપારી ઉપર કાપતી વેળા આવતું દબાણ પૌંડમાં-
ત્યારે $W \times ૧.૫ = ૩૦ \times ૭$

$$\therefore W = \frac{૩૦ \times ૭}{૧.૫}$$

$$= \underline{૧૬૮ \text{ પૌંડ.}}$$

સાંધાની પીન એટલે ફલક્રમ ઉપર આવતું દબાણ $= W - P$
 $= ૧૬૮ - ૩૦$
 $= \underline{૧૩૮ \text{ પૌંડ.}}$

એકસર્સાઈઝ ૪થી.

૧. મોમેન્ટ એટલે શું ? મોમેન્ટનો નિયમ વર્ણવો. એક લીવરમાં P ૨૫ પૌંડ, અને તેનો આર્મ અથવા લીવરેજ ૧૬ ફુટ છે, તો તેનો મોમેન્ટ શોધો.

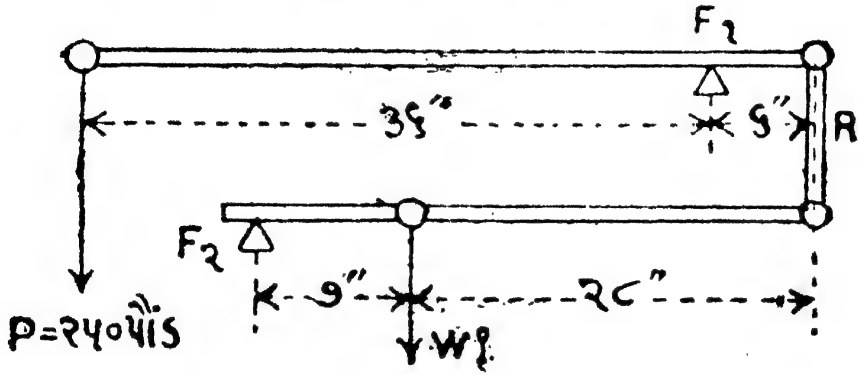
૨. એક લીવર ૫૦ ઈંચ લાંબું છે, અને તેને એક છેડા આગળથી ફલક્રમ ઉપર ટેકવેલું છે. લીવરનાં છુટા છેડા આગળ ૧૨ પૌંડનું નેર લાગુ પાડવામાં આવે છે, તો ફલક્રમથી ૩૫ ઈંચ દુર લીવર ઉપર કેટલા પૌંડનું વજન લટકાવવું નેઈએ કે નેથી લીવર સમતોલ રહે. વળી ફલક્રમ ઉપરનું દબાણ શોધો.

૩. એક લીવર AB ૪૦ ઈંચ લાંબું છે, અને તે ફલક્રમ ઉપર ફરી શકે છે. છેડા A થી ફલક્રમ ૨૭ ઈંચ દુર છે. છેડા B આગળ ૧૬ પૌંડનું વજન લટકાવેલું છે, અને છેડા B થી ૮ ઈંચ દુર ૯ પૌંડનું બીજું વજન લટકાવ્યું છે. તો લીવરને આડી દિશામાં સમતોલ રાખવા માટે કેટલા પૌંડનું નેર લીવરનાં A છેડા આગળ લાગુ પાડવું નેઈશે ? વળી ફલક્રમ ઉપર કેટલા પૌંડનું દબાણ આવશે ?

૪. એક લીવરને ફલક્રમ ઉપર તેને એક છેડે ટેકવેલું છે, અને તેને બીજે છેડે ૨૫ પૌંડનું નેર લાગુ પાડ્યું છે. ફલક્રમથી ૩ ઈંચ દુર ૨ ફ્રી હન્ડ્રેડવેટનું વજન તે લીવર ઉપર લટકાવેલું છે નેથી તે લીવર આડી દિશામાં સમતોલ રહે છે, તો તે લીવરની લંબાઈ કેટલી હશે ?

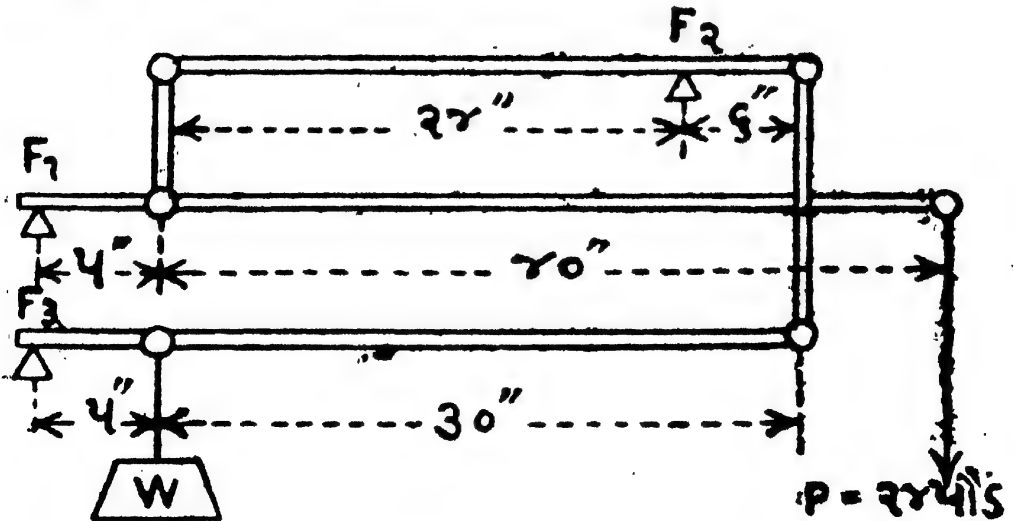
૫. એક લીવરને એક છેડે ૨૫ પૌંડનું જોર લાગુ પાડ્યું છે, અને તેનો આર્મ અથવા લીવરેજ ૧૮ ઇંચ છે. ખીજા છેડે લાગુ પાડેલું વજન ૭૦ પૌંડ છે, તો તેનો આર્મ શોધો, અને ફલકમ ઉપરનું દબાણ શોધો.

૬. લોખંડ, સ્ટીલ, વીગેરે ધાતુઓનાં ખેંચાણના બળ કસી જોવા માટેનાં ટેસ્ટીંગ મશીનમાંનાં લીવર્સનાં આકૃતિ ૮૬માં આપેલા ડાયગ્રામમાં જો ખેંચાણ P ૨૫૦ પૌંડ હોય તો કસી જોવાનાં ધાતુનાં નમુના ઉપર કેટલું જોર અથવા સ્ટ્રેસ W આવશે ?



આકૃતિ ૮૬

૭. આકૃતિ ૮૭માં દેખાડેલી લીવર્સની રચનામાં જો P ૨૪ પૌંડ હોય તો W શોધો.



આકૃતિ ૮૭

૮. ૨૦ ફુટ લાંબા એક ખીમને તેનાં છેડાઓ આગળથી બે દિવાલો ઉપર ટેકવેલો છે, અને તે ઉપર મધ્યમાં ૨ ટનનું એક વજન મુકેલું છે. એક ટેકાથી ૩ ફુટ દુર ૧ ટનનું વજન અને ખીમ ટેકાથી ૪ ફુટ દુર ૩ ટનનું વજન એ પ્રમાણે ખીમને બે વજનો તે ઉપર મુકેલાં છે, તો ખીમનું વજન ધ્યાનમાં ન લેતાં તેનાં દરેક ટેકાઓ ઉપરનું દબાણ અથવા પ્રતિકાર્ય શોધો ?

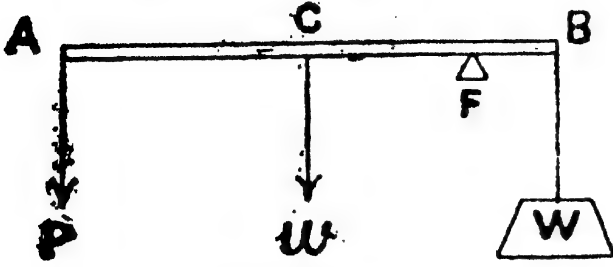
૯. એક ખીમ AB ૧૬ ફુટ લાંબો છે, અને તેને છેડા A આગળ અને છેડા Bથી ૪ ફુટ દુર C આગળ ટેકવેલો છે. છેડા Aથી ૬ ફુટ દુર ૪ ટનનું વજન, અને છેડા B આગળ ૨ ટનનું વજન તે ઉપર મુકેલાં છે, તો ખીમનું વજન ધ્યાનમાં ન લેતાં ટેકા A અને C આગળનાં પ્રતિકાર્યો શોધો ?

૧૦. એક સુથારની પકડમાં તેનાં જડબાંઓ પીન કે જે સાંધો અને છે તેનાંથી ૧૩" દુર છે. પીનથી ૮ $\frac{૩}{૪}$ ઇંચ દુર દરેક હાથા ઉપર ૪૫ પૌંડનાં જ્વેર વડે હાથાઓને દબાવીને પકડવામાં આવે છે. તો જડબાંઓ વચ્ચે પકડેલા પદાર્થ ઉપર કેટલું દબાણનું જ્વેર આવશે, અને વળી પીન ઉપર કેટલું દબાણ આવશે તે શોધો.

૧૧. એક નાનો મછવો એક ખલાસી હલેસાં વડે તળાવમાં ચલાવે છે. હલેસાંને એક છેડે તે ખલાસી ૫૦ પૌંડનું જ્વેર કરે છે. હલેસાંનો ખીજો ચપટો છેડો પાણીમાં ફલકમ તરીકે કાર્ય કરે છે, જે છેડાથી ૧૩ ફુટ દુર હલેસાંને મછવાની બાજુ સાથે બાંધેલું છે. હલેસાંની આખી લંબાઈ ૪૩ ફુટ છે, તો કેટલાં જ્વેરથી હલેસાં વડે તે મછવાને તળાવમાં આગળ ચલાવવામાં આવતો હશે તે શોધો.

જ્યારે લીવર અથવા ખીમનું વજન ધ્યાનમાં લેવામાં આવે—આ બાબદમાં આપણને એક વધારાનાં જ્વેરનો મોમેન્ટ મળે છે અને તે જ્વેર લીવર અથવા ખીમનું વજન છે કે જે લીવર અથવા ખીમનું ગુરૂત્વમધ્યબિંદુ ફલકમની જે બાજુએ હોય તે બાજુએ કાર્ય કરે

છે. દાખલા તરીકે આકૃતિ ૮૮માં લીવર ABનું ગુરુત્વમધ્યબિંદુ C



આકૃતિ ૮૮

આગળ હોય, અને લીવરનું વજન w હોય, તો વજન w લીવરનાં ગુરુત્વમધ્યબિંદુ C આગળ કાર્ય કરશે. ત્યારે ફલક્રમની એક બાજુએ જોશે P અને w નાં મોમેન્ટસ છે, જ્યારે બીજી બાજુએ Wનો મોમેન્ટ છે. માટે સમતોલ-પણાની સ્થિતિ માટે

$$P \times AF + w \times CF = W \times BF.$$

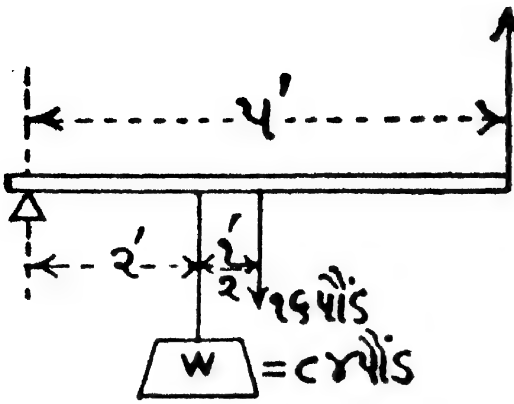
$$\therefore P \times AF = W \times BF - w \times CF$$

આને બદલે જો ગુરુત્વમધ્યબિંદુ C ફલક્રમની બીજી બાજુએ એટલે Wની બાજુએ હોત તો

$$P \times AF = W \times BF + w \times CF \text{ થતે.}$$

જો દાખલાઓમાં લીવર એક સમાન છેદચિત્ર (section) નો હોય, અથવા લીવર યા બીમની આખી લંબાઈએ વજન સરખી રીતે વહેંચાયલું હોય ત્યારે તેનું ગુરુત્વમધ્યબિંદુ તે લીવર અથવા બીમની લંબાઈનાં મધ્યમાં આવશે. બીજા શબ્દોમાં કહીએ તો “લીવર અથવા બીમનાં આખાં વજનને તેનાં મધ્યબિંદુ આગળ કાર્ય કરતાં એક જોર તરીકે લઈ શકાય.”

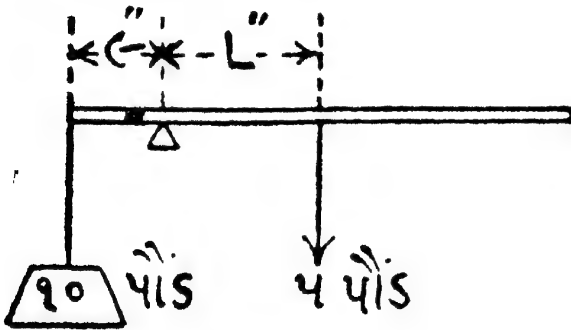
દાખલો ૧—૫ ફુટ લાંબો એક લોદાનો સળીયો કે જેનું વજન ૧૬ પૌંડ છે તે એક છેડા આગળ ફલક્રમથી ટેકવાયલો છે. જો તે સળીયા ઉપર ૮૪ પૌંડનું વજન ફલક્રમથી ૨ ફુટ દુર લટકાવવામાં આવે તો તે સળીયાને બીજે છેડે કેટલા પૌંડનું જોર લાગુ પાડવું જોઈએ કે જેથી સળીયો આડાં સ્થાને જળવાયલો રહે. વળી ફલક્રમ ઉપરનું દબાણ શોધો.



આકૃતિ ૮૯

આકૃતિ ૮૯માં દેખાડયા પ્રમાણે
 $P \times ૫ = (૮૪ \times ૨) + (૧૬ \times ૨ \cdot ૫)$
 $૫ P = ૧૬૮ + ૪૦$
 $૫ P = ૨૦૮$
 $\therefore P = \frac{૨૦૮}{૫}$
 $= ૪૧ \cdot ૬$ પૌંડ

દાખલો ૨—એક સમાન છેદ ચિત્રનાં ધાતુનાં સળીયાનું વજન ૫ પૌંડ છે, અને તેનાં એક છેડા ઉપરથી ૧૦ પૌંડનું વજન લટકાવેલું છે. જે છેડા ઉપરથી વજન લટકાવ્યું છે તે છેડાથી ૯ ઈંચ દુર આવેલાં ટેકણુ એટલે ફલક્રમ ઉપર તે સળીયો સમતોલ રહે છે, તો સળીયાની લંબાઈ શોધો.



આકૃતિ ૯૦

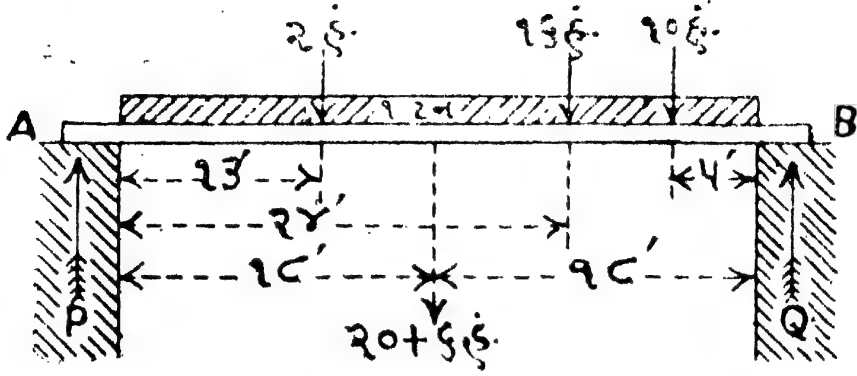
આકૃતિ ૯૦ માં દેખાડયા પ્રમાણે
 $૫ \times L'' = ૧૦ \times ૯$
 $\therefore L = \frac{૧૦ \times ૯}{૫}$
 $= ૧૮$ ઈંચ

લીવરની અર્ધા લંબાઈ = ૯ + ૧૮ = ૨૭ ઈંચ

\therefore લીવરની આખી લંબાઈ = ૨૭ \times ૨ = ૫૪ ઈંચ

દાખલો ૩—એક ખીમ જેને બન્ને છેડાઓ આમળથી ટેકવેલો છે તે ૩૬ ફુટ લાંબો છે અને તેનું વજન ૬ હંડ્રેડવેટ છે. તે ઉપર નીચે પ્રમાણેનાં વજનો લાધ્યાં છે:—(૧) જમણા ટેકાથી ૫ ફુટ દુર ૧૦ હંડ્રેડવેટનું વજન, (૨) ડાબા ટેકાથી ૧૩ ફુટ દુર ૨ હંડ્રેડવેટનું વજન, (૩) ડાબા ટેકાથી ૨૪ ફુટ દુર ૧૬ હંડ્રેડવેટનું વજન, અને (૪) એક ટનનું

વજન એક સરખી રીતે લાદેલું છે; તો દરેક ટેકા ઉપર આવતું દબાણ અથવા પ્રતિકાર્ય શોધો ?



આકૃતિ ૯૧

આકૃતિ ૯૧માં દેખાણ્યા પ્રમાણે એક સરખી રીતે વહેંચાયેલું એક ૭૧ ફીટ એટલે ૨૦ હંડ્રેડવેટનું વજન અને બીમનું વજન ૬ હંડ્રેડવેટ બીમનાં ગુરૂત્વમધ્યબિંદુમાં કાર્ય કરશે. બીમ સમાન છેદ ચિત્રનો હોવાથી તેનું ગુરૂત્વમધ્યબિંદુ બીમનાં મધ્યમાં આવશે તેથી આ વજનો બીમનાં મધ્યમાં કાર્ય કરશે.

આકૃતિ ૯૧માં Bની આસપાસનું મોમેન્ટ લેતાં—ટેકા A ઉપરનાં પ્રતિકાર્ય Pનું ઘડીઆળનાં કાંટાની ગતિની દિશાનું મોમેન્ટ = $P \times ૭૧$ ફુટ-હંડ્રેડવેટ.

લાદેલાં વજનોનાં તથા બીમનાં વજનનાં વિરૂદ્ધ દિશાનાં મોમેન્ટ

$$= (૨ \times ૨૩) + (૨૬ \times ૧૮) + (૧૫ \times ૧૨) + (૧૦ \times ૫)$$

$$\therefore P \times ૭૧ = ૪૬ + ૪૬૮ + ૧૮૨ + ૫૦$$

$$P \times ૭૧ = ૭૪૬$$

$$\therefore P = \frac{૭૪૬}{૭૧}$$

$$= ૧૦.૫૧$$

ટેકા B ઉપરનું પ્રતિકાર્ય Q = લાદેલાં કુલ વજનો - પ્રતિકાર્ય P

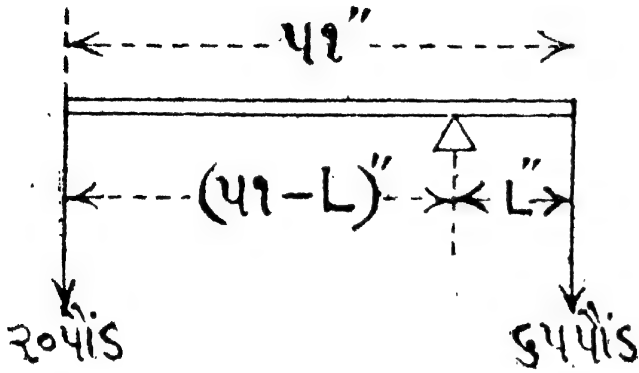
$$= (૨ + ૨૬ + ૧૫ + ૧૦) - ૧૦.૫૧$$

$$= ૫૩ - ૧૦.૫૧$$

$$= ૪૨.૪૯$$

ફલક્રમનું સ્થાન શોધવા વિષે—જે દાખલામાં લીવર ઉપર કાર્ય કરતાં બેરો આપેલાં હોય, તો સમતોલપાત્રું બનાવવા માટે ફલક્રમનું સ્થાન શોધવા માટે પણ મોમેન્ટનો જ નિયમ લાગુ પડે છે. આ નીચે આપેલા દાખલાથી સમજાય છે.

દાખલો ૪—એક લીવર ૪૧ ઇંચ લાંબો છે, અને તેને એક છેડે ૨૦ પાંડ અને બીજે છેડે ૬૫ પાંડ કાર્ય કરે છે, તો તે લીવરને સમતોલ રાખવા માટે ફલક્રમને ક્યાં મુકવું જોઈએ ?



પહેલી રીત:—

આકૃતિ ૯૨માં ધારો કે $L = ૬૫$ પાંડનો આર્મ, ત્યારે $(41 - L) = ૨૦$ પાંડનો આર્મ.

આકૃતિ ૯૨

$$\therefore ૨૦ (41 - L) = ૬૫ \times L$$

$$૧૦૨૦ - ૨૦L = ૬૫L$$

$$૬૫L + ૨૦L = ૧૦૨૦$$

$$\therefore ૮૫L = ૧૦૨૦$$

$$L = \frac{૧૦૨૦}{૮૫}$$

$$= ૧૨ \text{ ઇંચ}$$

જવાબ—મોટાં વજનથી ૧૨ ઇંચ દુર

બીજી રીત:—

$$P : W :: W \text{નો આર્મ} : P \text{નો આર્મ}$$

$$૨૦ : ૬૫ :: W \text{નો આર્મ} : P \text{નો આર્મ}$$

P નાં આર્મ અને W નાં આર્મનો સરવાળો = લીવરની લંબાઈ = ૫૧ છે.

અને W નાં તથા P નાં આર્મનું પ્રમાણ $૨૦ : ૬૫$ છે.

તારે Wનાં તથા Pનાં આર્મનાં પ્રમાણનો સરવાળો = ૨૦ + ૬૫ = ૮૫ છે.

$$\therefore ૮૫ : ૫૧'' :: ૨૦ : Wનો આર્મ$$

$$\therefore ૬૫ પૌંડનો આર્મ = \frac{૫૧ \times ૨૦}{૮૫}$$

$$= \underline{૧૨ ઇંચ}$$

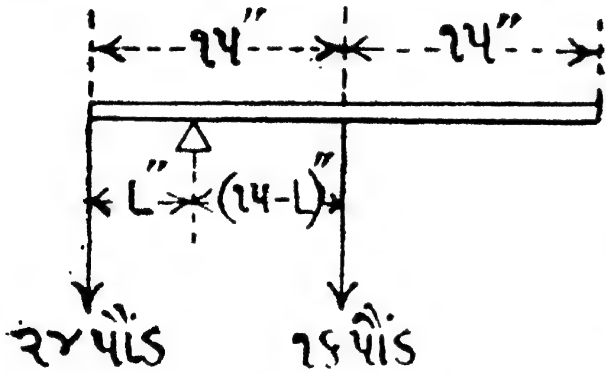
$$\text{તેજ પ્રમાણે } ૨૦ પૌંડનો આર્મ = \frac{૫૧ \times ૬૫}{૮૫}$$

$$= \underline{૩૯ ઇંચ}$$

જવાબ—૬૫ પૌંડ વજનથી ૧૨ ઇંચ દુર

અથવા, ૨૦ પૌંડનાં વજનથી ૩૯ ઇંચ દુર

દાખલો ૫—એક સમાન છેદચિત્રનો સળીયો ૨૬ ફુટ લાંબો છે અને તેનું વજન ૧૬ પૌંડ છે. તેનાં એક છેડાથી ૨૪ પૌંડનું વજન



લટકાવ્યું છે, તો તે સળીયાને આડી દિશામાં જળવાયલો રાખવા માટે ફલકમનું સ્થાન શોધો ?

પહેલી રીત:—આકૃતિ ૯૩માં,
 $L'' = ૨૪$ પૌંડ વજનનો આર્મ,
 તારે $(૧૫ - L)'' = ૧૬$ પૌંડ
 લીવરનાં વજનનો આર્મ.

આકૃતિ ૯૩

$$૨૪ \times L = ૧૬ \times (૧૫ - L)$$

$$૨૪ L = ૨૪૦ - ૧૬ L$$

$$૨૪ L + ૧૬ L = ૨૪૦$$

$$૪૦ L = ૨૪૦$$

$$\therefore L = \frac{૨૪૦}{૪૦}$$

$$= ૬ ઇંચ$$

જવાબ—૨૪ પૌંડનાં વજનવાળા છેડાથી ૬ ઇંચ દુર, અથવા

વજન વગરના છેડાથી ૨૪ ઇંચ દુર.

બીજી રીત:—

૨૪ : ૧૬ :: લીવરનાં વજનનો આર્મ : ૨૪ પૌંડનો આર્મ.

આર્મ્સનાં પ્રમાણનો સરવાળો = ૨૪ + ૧૬ = ૪૦

૪૦ : ૧૫" :: ૧૬ : ૨૪ પૌંડનાં વજનનો આર્મ

$$\therefore ૨૪ પૌંડનાં વજનનો આર્મ = \frac{૧૫ \times ૧૬}{૪૦}$$

$$= ૬ ઇંચ.$$

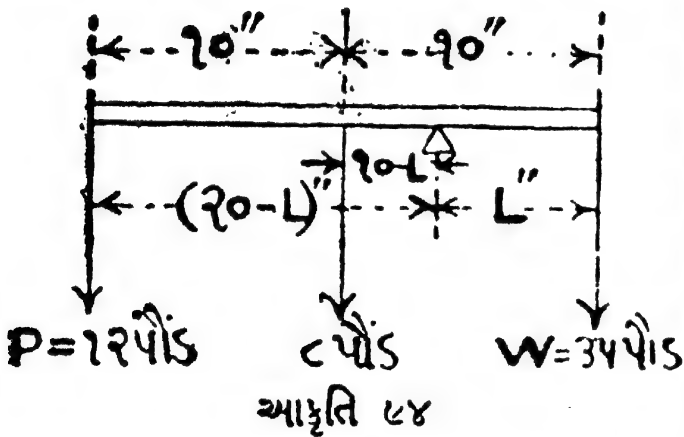
તેજ પ્રમાણે લીવરનાં વજન ૧૬ પૌંડનો આર્મ = $\frac{૧૫ \times ૨૪}{૪૦}$

$$= ૯ ઇંચ$$

જવાબ—વજન વગરનાં છેડાથી ૧૫ + ૯ = ૨૪ ઇંચ દુર.

અથવા, ૨૪ પૌંડનાં વજનવાળા છેડાથી ૬ ઇંચ દુર.

દાખલો ૬—સમાન છેદ ચિત્રનું એક લીવર કે જે ૨૦ ઇંચ લાંબું છે તેનું વજન ૮ પૌંડ છે તે લીવરને એક છેડે ૧૨ પૌંડનું



જેર લાગુ પાડવાનું છે અને ખીજે છેડેથી ૩૫ પૌંડનું વજન લટકાવવામાં આવ્યું છે, તો તે લીવરને સમતોલ રાખવા માટે ફલકમનું સ્થાન નક્કી કરો. આકૃતિ ૯૪માં દેખાડયા પ્રમાણે ધારો કે,

$$L'' = ૩૫ પૌંડ Wનો આર્મ$$

$$\therefore ૨૦ - L = ૧૨ પૌંડ Pનો આર્મ$$

$$\text{અને } ૧૦ - L = \text{લીવરનાં વજન } ૮ \text{ પૌંડનો આર્મ}$$

$$\text{ત્યારે } ૩૫ \times L = ૧૨(૨૦ - L) + ૮(૧૦ - L)$$

$$૩૫ L = ૨૪૦ - ૧૨ L + ૮૦ - ૮ L$$

$$\therefore ૩૫ L + ૧૨ L + ૮ L = ૨૪૦ + ૮૦$$

$$\therefore ૫૫ L = ૩૨૦$$

$$L = \frac{૩૨૦}{૫૫}$$

$$= ૫\frac{૮}{૧૧} \text{ ઇંચ}$$

જવાબ—૩૫ પૌંડ Wવાળા છેડાથી $૫\frac{૮}{૧૧}$ ઇંચ દુર

એકસસાંધિ પમી.

૧. એક સમાન લીવર કે જેનું વજન ૪ પૌંડ છે તે ૪ ફુટ લાંબો છે અને તેને એક છેડે આવેલાં ફલક્રમ આસપાસ તે ફરી શકે છે. ફલક્રમથી એક ફુટ દુર તે લીવર ઉપર ૧૦ પૌંડનું વજન લટકાવ્યું છે, તો તે લીવરને આડી દિશામાં રાખવા માટે તેનાં છુટા છેડા આગળ ઉપલી દિશાનું કેટલું જેર લાગુ પાડવું જોઈશે ?

૨. એક સમાન લીવર ૫ ફુટ લાંબું છે અને તેનું વજન ૧૦ પૌંડ છે. લીવરને એક છેડે ફલક્રમ છે અને ફલક્રમથી ૪ ફુટ દુર ૩૦ પૌંડનું વજન લટકાવ્યું છે. તો તે લીવરનાં મધ્યબિંદુ આગળ ઉપલી દિશામાં કાર્ય કરતું કેટલું જેર તે લીવરને આડા સ્થાને વ્તળાવી રાખશે ?

૩. એક સમાન છેદ ચિત્રનાં ધાતુનાં સળીયાનું વજન ૧૨ પૌંડ છે, અને તેના એક છેડા ઉપરથી ૩૦ પૌંડનું વજન અને બીજા છેડાથી ૪ પૌંડનું વજન લટકાવેલાં છે. એમ માલમ પડ્યું છે કે તે સળીયાના જે છેડા આગળથી ૩૦ પૌંડનું વજન લટકાવવામાં આવ્યું છે તે છેડાથી ૧૦ ઇંચ દુર આવેલાં ધારવાળાં ટેકણુ એટલે ફલક્રમ ઉપર તે સળીયો સમતોલ રહે છે, તો તે સળીયાની લંબાઈ શોધો.

૪. એક સીધો સમાન સળીયો ૧૪ ઇંચ લાંબો છે અને તેનું વજન ૪ પૌંડ છે. તે સળીયાને લીવર તરીકે વાપરવામાં આવે છે, અને તેનાં એક છેડા ઉપરથી ૮ પૌંડનું વજન લટકાવવામાં આવ્યું છે, તો તે લીવરને સમતોલ રાખવા માટે ફલક્રમનું સ્થાન શોધો.

૫. એક લોકોમોટીવ એનજીન ૪૫ ફુટનાં સ્પેન (Span એટલે એક ટેકાથી બીજા ટેકા વચ્ચેનું અંતર)વાળા એક પુલ ઉપર ઉભું રહેલું છે. તેનાં પૈડાંની દરેક જોડ ઉપરનાં વજનો અનુક્રમે ૧૫, ૧૭, ૧૭, ૧૭ અને ૧૩ ટન છે, અને તે પૈડાંની ધરીઓ વચ્ચેનું અંતર અનુક્રમે ૬ ફુટ, ૫ ફુટ ૮ ઇંચ, ૬ ફુટ, અને ૭ ફુટ ૬ ઇંચ છે. પુલનાં એક

છેડાથી આગલાં પૈડાંની જોડ ૧૨ ફુટ દુર છે, તો તે લોકોમોટીવનાં વજનને લીધે પુલનાં ટેકાઓ ઉપર આવતું દબાણ શોધો.

૬. એક લાકડાંનો ખીમ જે ૧૦ ફુટ લાંબો છે તે સમાન છેદ ચિત્રનો છે અને તેને એક ખીજથી ૭ ફુટ ૬ ઇંચ દુર આવેલા એ ટેકાઓ ઉપર ટેકવેલો છે જેમાંનો એક ટેકો ખીમનાં એક છેડાની હેઠળ છે. જો ખીમનું વજન ૪૫ પૌંડ હોય તો ટેકાઓ ઉપરનાં દબાણો શોધો. વળી ખીમના છુટા લટકતા છેડા ઉપર કેટલા પૌંડનું વજન લટકાવવું જોઈએ કે જેથી તેના ખીજ છેડા આગળના ટેકા ઉપર ૫ પૌંડનું દબાણ આવે. વળી તે વેળાએ ખીજ ટેકા ઉપર કેટલું દબાણ આવશે ?

૭. એક લીવર જે સમાન છેદ ચિત્રનો છે તેની લંબાઈ ૫ ફુટ છે અને તેનું વજન ૩૦ પૌંડ છે. તે લીવરને એક છેડે ૧૦૦ પૌંડનું અને ખીજે છેડે ૮ પૌંડનું વજન લટકાવવામાં આવ્યાં છે, તો તે લીવરને સમતોલ રાખવા માટે ફલક્રમનું સ્થાન શોધો.

૮. સમાન છેદચિત્રનો એક ખીમ AB ૨૫ ફુટ લાંબો છે અને તેનું વજન ૪ હંડ્રેડવેટ છે. આ ખીમને તેના છેડાઓ A અને B આગળ ટેકાઓ ઉપર ટેકવેલો છે. છેડા Aથી ૪ ફુટ દુર એક ટનનું વજન, છેડા Bથી ૬ ફુટ દુર ૪ ટનનું ખીજું વજન, તથા તે ખીમનાં મધ્યમાં ૧૩ ટનનું ત્રીજું વજન એમ લાધેલાં છે, તો ટેકાઓ ઉપરનાં દબાણ અથવા પ્રતિકારો શોધો.

૯. એક માણસ કે જેનું વજન ૧૮૦ પૌંડ છે તે કોઈ પણ જાતની મદદ વિના ૩૩ હંડ્રેડવેટનું વજન ઉંચકી શકે છે. ધારો કે વજન ઉપાડવા માટે તે ૪૩ ફુટ લાંબું એક લીવર વાપરે છે તેમાં ફલક્રમ એક છેડાથી ૪ ઇંચ દુર છે, તો (૧) જો તેની તરફનો લીવરનો છેડો તે નીચે દબાવે તો તે વેળા તે કેટલું વજન ઉપાડી શકશે, અને (૨) જો તેનાં તરફનો છેડો તે ઉપર ઉપાડે તો તે વેળા તે કેટલું વજન ઉપાડી શકશે, આ વેળા ફલક્રમ અને વજનનાં સ્થાનોમાં અરસપરસ ફેરફાર થશે.

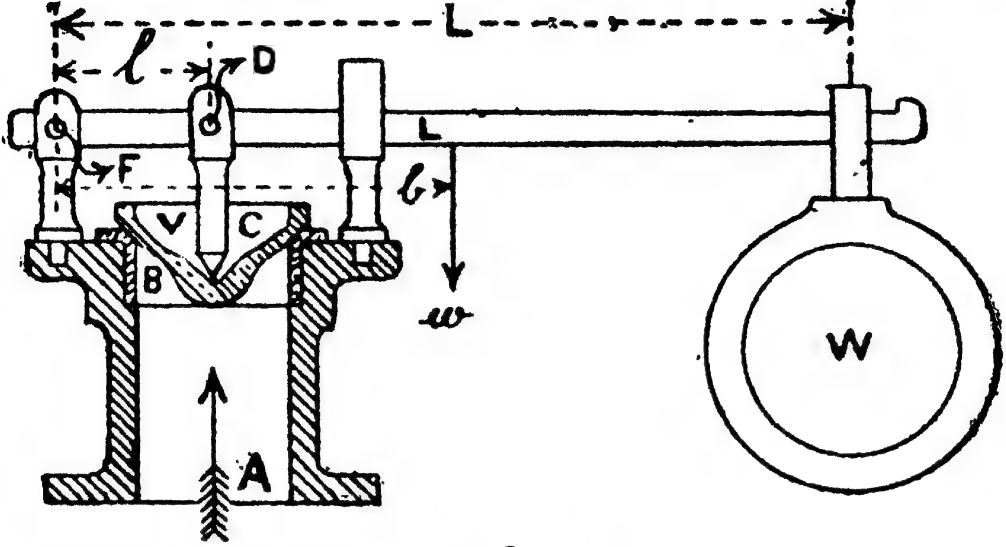
૧૦. એક સમાન લીવર ૩ ફુટ લાંબું છે અને તેને એક છેડે આવેલાં ફલક્રમ ઉપર તે ફરી શકે છે. ફલક્રમથી ૬ ઈંચ દુર ૮ પૌંડનું વજન તે ઉપર લટકાવેલું છે અને તેને ખીજે છેડે ૧૨ પૌંડનું વજન લટકાવ્યું છે. જો આ લીવર સમતોલપણામાં હોય તો લીવરનું પોનાનું વજન કેટલું હશે ?

૧૧. એક ખીમ AB કે જે સમાન છેદચિત્રનો છે તેની લંબાઈ ૨૪ ફુટ છે અને તેનું વજન ૪૨૦ પૌંડ છે. તેને છેડા B આગળ, અને Aથી ૫ ફુટ દુર C આગળ ટેકવેલો છે. તે ઉપર છેડા Bથી ૮ ફુટ દુર ૩ ટનનું વજન અને છુટા લટકતા છેડા A આગળ ૧ ટનનું વજન લાધેલાં છે. વળી તે ઉપર આખી લંબાઈએ એક સરખી રીતે વહેંચાયેલું ૨ ટનનું વજન લાધેલું છે, તો ટેકાઓ ઉપરનાં પ્રતિકારો શોધો ?

લીવર સેફ્ટી વાલ્વ—સેફ્ટી વાલ્વ એક વાલ્વ છે જેને સ્ટીમ બોયલરને મથાળે બેસાડવામાં આવે છે અને જ્યારે બોયલરમાં સલામતી ભરેલાં ચાલુ દબાણ કરતાં વધુ દબાણ થાય ત્યારે એ વાલ્વ તે દબાણ વડે ઉઘડી જઈ વરાળને બહાર કાઢી નાંખી બોયલરને ભયમાંથી મુક્ત કરે છે અને સલામતી સાથે બોયલર ખમી શકે એટલાં મુકરર કરેલાં દબાણથી વધુ દબાણ થતું અટકાવે છે. સેફ્ટી વાલ્વને બોયલરનાં દબાણની સામે દબાવી રાખવા માટે ગુદી ગુદી રીતે લાધવામાં આવે છે; “લીવર સેફ્ટી વાલ્વ”માં લીવર અને વજન વડે, “ડેડ વેટ સેફ્ટી વાલ્વ”માં માત્ર વજનો કે જેને ડેડવેટસ કહેવામાં આવે છે તે વડે, અને “સ્પ્રીંગ સેફ્ટી વાલ્વ”માં સ્પ્રીંગ વડે લાધવામાં આવે છે. આકૃતિ ૯૫માં લીવર સેફ્ટી વાલ્વ બતાવ્યો છે.

એમાં A ખીડની બનાવેલી વાલ્વચેસ્ટ છે, જેમાં સજ્જડ બેસાડેલી ગનમેટલની વાલ્વ સીટ B છે. આ સીટ ઉપર ગનમેટલનો વાલ્વ V વરાળ ચુસ્ત બેસે છે. આ વાલ્વની ઉપલી બાજુનાં મધ્ય ઉપર શંકુની આકારની અણીવાળી સ્ટીલની પીન C બેસે છે, જે પીનને સીધાં

આમાં લીવર L સાથે D આગળ જોડેલી છે. આ લીવરનો એક છેડો વાલ્વચેસ્ટની ઉપલી ફ્લેન્જ ઉપર ખેસાડેલાં એક ફ્લેક્મ F ઉપર ફરવાને



આકૃતિ ૯૫

ધુટો છે, અને તેના બીજા છેડાની નજદીક એક બીડનું વજન W લટકાવેલું છે, કે જેથી ફ્લેક્મ Fની આસપાસનું વજન Wનું નીચલી દિશાનું મોમેન્ટ તેજ ફ્લેક્મ Fની આસપાસનાં વાલ્વ ઉપરનાં વરાળનાં દબાણનાં ઉપલી દિશાનાં મોમેન્ટને સમતોલ કરે છે. વજન Wનું સ્થાન જે દબાણે વાલ્વને ઉઠાડી વરાળ બહારે આક્ર કરવાની હોય તે દબાણ પ્રમાણે ગોઠવી શકાય છે. દાખલાઓ ઉપરથી સમજાશે કે જો વાલ્વને આછાં દબાણે ઉઠાડવો હોય તો વજન Wને ફ્લેક્મ Fની નજદીક ખસેડવું, અને વધુ દબાણે ઉઠાડવો હોય તો વજન Wને ફ્લેક્મ Fથી દુર લીવરનાં છેડા તરફ ખસેડવું.

ધારો કે આકૃતિ ૯૫માં

L = ફ્લેક્મ Fથી વજન Wનાં મધ્યબિંદુ સુધીનું અંતર ઇંચમાં.

l = ફ્લેક્મ Fથી વાલ્વ Vનાં મધ્યબિંદુ સુધીનું અંતર ઇંચમાં.

b = ફ્લેક્મ Fથી લીવર Lનાં વજનનાં ગુરૂત્વમધ્યબિંદુ સુધીનું અંતર ઇંચમાં.

W = લીવર ઉપર લટકાવેલાં ખીડનાં વજન W નું વજન પૌંડમાં.

w = લીવરનું પોતાનું વજન પૌંડમાં.

v = વાલ્વનું વજન પૌંડમાં.

P = દર ચોરસ ઇંચ દીઠ બોયલરમાં વરાળનું દબાણ પૌંડમાં.

d = વાલ્વનો વ્યાસ ઇંચમાં.

A = વાલ્વનું ક્ષેત્રફળ ચોરસ ઇંચમાં.

$$= d^2 \times .7854.$$

$P \times A$ = વાલ્વ ઉપરનું કુલ દબાણ પૌંડમાં.

ત્યારે જો આપણે વાલ્વ અને લીવરનું વજન ધ્યાનમાં ન લઈએ તો ફલક્રમ F આસપાસનાં મોમેન્ટ લેતાં

$$(P \times A) \times l = W \times L$$

$$\therefore W = \frac{P \times A \times l}{L}, \quad L = \frac{P \times A \times l}{W}$$

$$P = \frac{W \times L}{A \times l}, \quad l = \frac{WL}{PA}, \quad \text{અને } A = \frac{WL}{Pl}$$

હવે જો આપણે વાલ્વ અને લીવરનાં પોતાનાં વજનો ધ્યાનમાં લઈએ તો ફલક્રમ F આસપાસનાં મોમેન્ટ લેતાં—

$$\{ (P \times A) - v \} \times l = (W \times L) + (w \times b)$$

$$PA l - vl = WL + wb$$

$$\therefore P = \frac{WL + wb + vl}{Al}$$

$$W = \frac{(PA - v)l - wb}{L}$$

$$L = \frac{(PA - v)l - wb}{W}$$

$$l = \frac{WL + wb}{PA - v}$$

દાખલો ૧—એક લીવર સેક્ટી વાલ્વનો વ્યાસ ૨ ઇંચ છે, અને તેને લીવર અને વજન વડે તેની સીટ ઉપર દબાવી રાખવામાં આવે છે. લીવરની લંબાઈ ૨૨ ઇંચ છે, અને ફ્લક્કમથી વાલ્વનાં મધ્ય સુધીનું અંતર ૪ ઇંચ છે. બોયલરમાં વરાળનું દબાણ દર ચોરસ ઇંચે ૧૦૦ પૌંડ છે, તો લીવરને છેડે કેટલા પૌંડનું વજન મુકવું જોઈશે કે જેથી વાલ્વ દર ચો. ઇંચે ૧૦૦ પૌંડનાં દબાણે સ્ટીમ બ્લો-ઓફ કરવાની અણી ઉપર હોય.

નોટ—આ દાખલામાં વાલ્વ અને લીવરનાં વજનો આપ્યાં નથી તેથી તે ધ્યાનમાં લેવાનાં નથી.

$$\begin{aligned} \text{વાલ્વનું ક્ષેત્રફળ} &= t^2 \times .૭૮૫૪ \\ &= ૨ \times ૨ \times .૭૮૫૪ \\ &= ૩.૧૪૧૬ \text{ ચોરસ ઇંચ} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{વાલ્વ ઉપર તેને ઉપલી દિશામાં ઉંચકવાનું વજન કરતું વરાળનું કુલ દબાણ} &= P \times A \\ &= ૧૦૦ \times ૩.૧૪૧૬ \text{ પૌંડ} \end{aligned}$$

આ કુલ દબાણનો લીવરેજ અથવા આર્મ ૪ ઇંચ છે, અને વજન W નો લીવરેજ ૨૨ ઇંચ છે. ત્યારે ફ્લક્કમની આસપાસનાં વાલ્વ ઉપરનાં વરાળનાં કુલ દબાણનું ઉપલી દિશાનું મોમેન્ટ = લીવરને છેડે લટકાવેલાં બીડનાં વજન W નું નીચલી દિશાનું મોમેન્ટ.

$$\begin{aligned} \therefore ૧૦૦ \times ૩.૧૪૧૬ \times ૪ &= W \times ૨૨ \\ W &= \frac{૧૦૦ \times ૩.૧૪૧૬ \times ૪}{૨૨} \\ &= ૫૭.૧૨ \text{ પૌંડ} \end{aligned}$$

દાખલો ૨—એક લીવર સેક્ટી વાલ્વનો વ્યાસ ૩ ઇંચ છે, લીવરની લંબાઈ ૨૭ ઇંચ છે, અને ફ્લક્કમથી વાલ્વનાં મધ્ય સુધીનું અંતર ૩ ફી ઇંચ છે. જો લીવરને છેડે ૩૦ પૌંડનું વજન લટકાવવામાં આવે તો તે વાલ્વ દર ચોરસ ઇંચે કેટલા પૌંડનાં દબાણે ઉડી વરાળને બ્લો-ઓફ કરશે. વાલ્વ અને લીવરનું વજન ધ્યાનમાં લેવાનું નથી.

ધારો કે $P =$ દર ચોરસ ઇંચ દીઠ વરાળનું દબાણ પૌંડમાં.
 વાલ્વ ઉપરનું કુલ દબાણ $= P \times ૩ \times ૩ \times ૦.૭૮૫૪$ પૌંડ
 કુલ દબાણનો લીવરેજ ૩ $\frac{૧}{૨}$ ઇંચ છે, અને ૩૦ પૌંડનાં વજનનો
 લીવરેજ ૨૭ ઇંચ છે, ત્યારે

$$P \times ૩ \times ૩ \times ૦.૭૮૫૪ \times ૩.૫ = ૩૦ \times ૨૭$$

$$\therefore P = \frac{૩૦ \times ૨૭}{૩ \times ૩ \times ૦.૭૮૫૪ \times ૩.૫}$$

$$= ૩૨.૭૪ \text{ પૌંડ દર ચો. ઇંચ દીઠ}$$

દાખલો ૩—એક સેક્ટરી વાલ્વનો વ્યાસ ૨ $\frac{૧}{૨}$ ઇંચ છે. લીવરની
 લંબાઈ ૨૪ ઇંચ છે. અને તેનું વજન ૬ પૌંડ છે. ફલકમથી લીવરનું
 ગુરૂત્વ મધ્યબિંદુ ૯ ઇંચ દુર છે, અને વાલ્વનાં મધ્યથી ફલકમ
 સુધીનું અંતર ૩ ઇંચ છે. વાલ્વનું પોતાનું વજન ૩ પૌંડ છે. લીવરને
 છેડે ૬૫ પૌંડનું વજન લટકાવવામાં આવ્યું છે તો તે વાલ્વ દર ચો.
 ઇંચે કેટલા પૌંડના દબાણે ઉઠી વરાળને ખોલે—ખોલ કરશે ?

ધારો કે $P =$ દર ચોરસ ઇંચ દીઠ વરાળનું દબાણ.

વાલ્વને ઉપલી દિશામાં ઉંચકવાનું વલણ કરતું વાલ્વ ઉપરનું વરાળનું
 કુલ દબાણ $= P \times ૨.૫ \times ૨.૫ \times ૦.૭૮૫૪$ પૌંડ

વાલ્વનું પોતાનું વજન ૩ પૌંડ છે, જે વરાળનાં દબાણથી ઉલટી
 દિશામાં કાર્ય કરે છે, ત્યારે વાલ્વને તેની સીટ ઉપરથી ઉપાડવાની
 વલણ કરતું વરાળનું ખરેખરું કુલ દબાણ $= (P \times ૨.૫ \times ૨.૫ \times ૦.૭૮૫૪) - ૩,$
 અને આ દબાણનો લીવરેજ ૩ ઇંચ છે.

લીવરને છેડે વજન ૬૫ પૌંડ છે, અને તેનો લીવરેજ ૨૪ ઇંચ
 છે, તથા વાલ્વનું વજન ૬ પૌંડ છે તથા તેનો લીવરેજ ૯ ઇંચ છે.

ત્યારે ફલકમની આસપાસનાં વાલ્વને તેની સીટ ઉપરથી ઉપાડવાની
 વલણ કરતાં ખરેખરાં કાર્યસાધક દબાણનું ઉપલી દિશાનું મોમેન્ટ $=$
 લીવરને છેડે લટકાવેલાં વજનનાં અને લીવરનાં પોતાનાં વજનનાં નીચલી
 દિશાનાં મોમેન્ટસનો સરવાળો છે.

$$\therefore \{ (P \times 2.5 \times 2.5 \times .9748) - 3 \} \times 3 = (45 \times 28) + (4 \times 4)$$

$$\{ (8.00094 P) - 3 \} \times 3 = 1450 + 16$$

$$(8.00094 P \times 3) - (3 \times 3) = 1466$$

$$18.00282 P - 9 = 1466$$

$$18.00282 P = 1466 + 9$$

$$\therefore P = \frac{1475}{18.00282}$$

$$= \underline{\underline{81.93 \text{ પૈાંડ}}}$$

દાખલો ૪—એક લીવર સેફ્ટીવાલ્યુનું ક્ષેત્રફળ ૫ ચોરસ ઇંચ છે, અને તેનું વજન ૨ પૈાંડ છે. લીવર ઉપર મુકેલું વજન ૪૫ પૈાંડ છે. ફલકમથી વાલ્યુનાં મધ્યસુધીનું અંતર ૨ ફી ઇંચ છે. લીવરનું વજન ૧૦ પૈાંડ છે અને તેનું ગુરુત્વમધ્યબિંદુ ફલકમથી ૮ ઇંચ દુર છે. તો વાલ્યુને દર ચોરસઇંચ દીઠ ૯૦ પૈાંડનાં દબાણે ઉઠાડી વરાળ પ્લો-ઓફ કરવા માટે વજનને લીવર ઉપર ફલકમથી કેટલે દુર મુકવું ન્નેઈએ તે શોધો.

ધારોકે L = ફલકમથી વજનનાં સ્થાન સુધીનું અંતર એટલે વજનનો લીવરેજ અથવા આર્મ ઇંચમાં.

ત્યારે વજનનો મોમેન્ટ = $45 \times L$ ઇંચ-પૈાંડ.

લીવરનાં વજનનો મોમેન્ટ = $10 \times 8 = 80$ ઇંચ-પૈાંડ.

વાલ્યુને સીટ ઉપરથી ઉપાડવાનું વલણ કરતાં કાર્યસાધક દબાણનું મોમેન્ટ = $\{ (90 \times 5) - 2 \} \times 2.5$.

$$= 880 \times 2.5$$

$$= 2200 \text{ ઇંચ-પૈાંડ.}$$

ફલકમની એક બાજુનાં મોમેન્ટ અથવા મોમેન્ટસનો સરવાળો = ફલકમની બીજી બાજુનાં મોમેન્ટ અથવા મોમેન્ટસનો સરવાળો,

$$\text{ત્યારે, } 45L + 80 = 2200$$

$$\therefore 45L = 2200 - 80$$

$$84L = 1080$$

$$\therefore L = \frac{1080}{84}$$

$$= 23.1 \text{ ઈંચ}$$

દાખલો ૫—એક લીવર સેફ્ટી વાલ્વમાં લીવરને છેડે મુકેલું વજન ૫૦ પૌંડનું છે. લીવરની લંબાઈ ૨૬ ઈંચ છે અને તેનું વજન ૧૨ પૌંડ છે. લીવરનું ગુરૂત્વમધ્યબિંદુ ફલકમથી ૧૦ ઈંચ દુર છે. વાલ્વનાં મધ્યથી ફલકમ સુધીનું અંતર ૪ ઈંચ છે, તો જ્યારે દર ચો. ઈંચ દીઠ ૧૦૦ પૌંડનાં દબાણે વાલ્વને ઉઠાડી જશે એક કરવો હોય ત્યારે વાલ્વનો વ્યાસ કેટલો જોઈશે ?

ધારો કે t = વાલ્વનો વ્યાસ ઈંચમાં.

વાલ્વ ઉપરનું કુલ દબાણ = $100 \times t^2 \times 0.7854$ પૌંડ.

કુલ દબાણનો મોમેન્ટ = $(100 \times t^2 \times 0.7854) \times 4$ ઈંચ-પૌંડ

વજનનો મોમેન્ટ = 50×26 ઈંચ-પૌંડ.

લીવરનાં વજનનો મોમેન્ટ = 12×10 ઈંચ-પૌંડ

$$\therefore 100 \times t^2 \times 0.7854 \times 4 = 1300 + 120$$

$$314.16 t^2 = 1420$$

$$t^2 = \frac{1420}{314.16}$$

$$= 4.52$$

$$\therefore t = \sqrt{4.52}$$

$$= 2.126 \text{ ઈંચ}$$

એકસર્સાઈઝ ફ્રી.

૧. એક લીવર સેફ્ટી વાલ્વની આકૃતિ કાઢી તેનું વર્ણન આપો. આ સેફ્ટી વાલ્વમાં વાલ્વનો વ્યાસ ૩ ઈંચ, અને તેનું વજન ૪ પૌંડ છે. તેને તેની સીટ ઉપર લીવર અને વજન વડે દબાવી રાખવામાં આવે છે. લીવરની લંબાઈ ૨૮ ઈંચ છે, અને તેનું વજન ૧૪ પૌંડ છે. ફલકમથી લીવરનું ગુરૂત્વમધ્યબિંદુ ૯ ઈંચ દુર છે, અને ફલકમથી

વાલ્વનાં મધ્યસુધીનું અંતર ૪ ઇંચ છે. જો લીવરને છેડે લટકાવેલું વજન ૫૬ પૌંડનું હોય તો વાલ્વ દર ચોરસ ઇંચે કેટલા પૌંડનાં દબાણે વરાળને બ્લો-ઓફ કરશે? વળી લીવરનું વજન અને વાલ્વનું વજન ધ્યાનમાં ન લેવામાં આવે તો શું જવાબ આવશે?

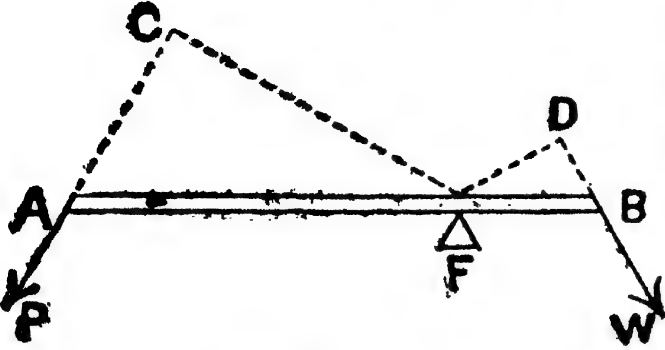
૨. એક લીવર સેફ્ટી વાલ્વમાં વાલ્વનું ક્ષેત્રફળ ૫ ચોરસ ઇંચ છે. લીવરની લંબાઈ ૩૬ ઇંચ છે અને તેનું વજન ૧૦ પૌંડ છે. ફ્લક્કમથી લીવરનું ગુરૂત્વમધ્યબિંદુ ૧૨ ઇંચ દુર છે, અને વાલ્વનું મધ્ય ૪૬ ઇંચ દુર છે. વાલ્વનું પોતાનું વજન ૨ પૌંડ છે. તો દર ચો. ઇંચે ૧૦૦ પૌંડનાં દબાણે વાલ્વને બ્લો-ઓફ કરવા માટે કેટલા પૌંડનું વજન લીવરને છેડે મુકવું જોઈશે?

૩. એક લીવર સેફ્ટી વાલ્વનો વ્યાસ ૪ ઇંચ છે, અને ફ્લક્કમથી ૨ ઇંચ દુર આવેલાં લીવરમાંનાં એક બિંદુની સામે તે દબાય છે. વાલ્વનું પોતાનું વજન ૮ પૌંડ છે, અને લીવરનું કાર્યસાધક મોમેન્ટ ૪૦ ઇંચ પૌંડ છે, તો ૬૦ પૌંડનાં દબાણે વાલ્વને ઉઠાડી વરાળ બ્લો-ઓફ કરવા માટે ૧૨૧ પૌંડનું વજન લીવર ઉપર ફ્લક્કમથી કેટલે દુર મુકવું જોઈશે તે શોધો.

૪. એક લીવર સેફ્ટી વાલ્વનો વ્યાસ ૫ ઇંચ છે જેનું મધ્ય ફ્લક્કમથી ૨ ઇંચ દુર છે, અને તેનું વજન ૧૦ પૌંડ છે. લીવર ઉપરનું વજન ૧૧૨ પૌંડ છે, અને લીવરનું પોતાનું વજન ૧૦ પૌંડ છે, તથા તેનું ગુરૂત્વમધ્યબિંદુ ફ્લક્કમથી ૫ ઇંચ દુર છે. જો બોયલરનાં મૂળ દબાણમાં બોયલર ઇન્સ્પેક્ટર તરફથી ૧૦ પૌંડનો ઘટાડો કરવામાં આવે તો વજનને મૂળ સ્થાનેથી ફ્લક્કમ તરફ કેટલું ખસેડવું જોઈશે?

જો લીવર્સ ઉપર ઢળતી દિશામાં જોરો કાર્ય કરે તે લીવર્સ; બેન્ટ લીવર્સ એટલે વાળેલાં લીવર્સ—આગળ શીખી ગયા તે લીવરોમાં P અને Wનાં કાર્યની રેખાઓ સઘળી બાબદમાં લીવરને પોતાને લંબ એટલે કાટખૂણે છે. આવી વેળાએ P અને Wનો ટર્નીંગ મોમેન્ટ સૌથી વધુમાં વધુ છે.

આકૃતિ ૯૬માં દેખાડ્યા પ્રમાણે જો P અને Wના કાર્યની લીટીઓ લીવરને ઢળતી હોય તો તે દરેક લીટીને કાટખૂણે ફલકમ



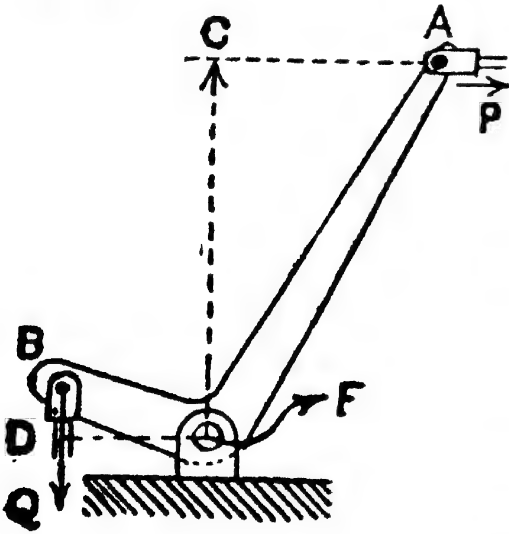
સુધીની લીટીઓ દોરો કે જે લીટીઓ આકૃતિમાં CF અને DF છે.

ત્યારે P અને Wના ખરેખરા આર્મ અનુક્રમે CF અને DF થશે, અને સમતોલપણાની

સ્થિતિ માટે $P \times CF = W \times DF$ છે, અથવા
 $P : W :: DF : CF$.

બિંદુ F આસપાસ P અને W નાં મોમેન્ટ અનુક્રમે $P \times CF$ અને $W \times DF$ છે.

ન્યારે લીવરો વળેલાં હોય છે ત્યારે પણ ઉપલોજ નિયમ લાગુ પડે છે. P અને Wનાં ખરેખરા આર્મ જે ફલકમ ઉપર લીવર ફરે છે તે બિંદુથી અનુક્રમે P અને Wના કાર્યની રેખાઓને કાટખૂણે લીટી દોરવાથી મળી શકે છે.



આકૃતિ ૯૭

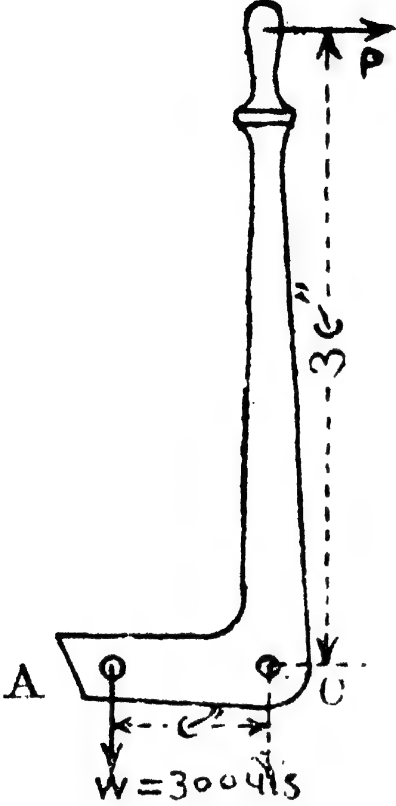
આકૃતિ ૯૭ માં દેખાડેલાં વાળેલાં (બેન્ડ બેન્ડ) લીવર AFBનાં આર્મ AF અને BF છે, પણ તેના ખરેખરા આર્મ Fથી દોરવામાં આવેલી P અને Wના કાર્યની રેખાઓને લંબ લીટીઓ (perpendiculars) ની લંબાઈ CF અને DF છે. આગળ પ્રમાણેજ સમતોલપણાની સરતો છે,

જેમકે, $P \times CF = W \times DF$,
 અથવા $P : W :: DF : CF$ છે.

દાખલો ૧—એક બેન્ટ લીવર ACB બિંદુ C આસપાસ ફરે છે. આર્મ AC આડી દિશામાં છે અને તે ૯ ઇંચ લાંબો છે. આર્મ

B BC ઉભી દિશામાં આવેલો છે અને તે

૩૯ ઇંચ લાંબો છે. A ઉપરથી ૩૦૦ પૌંડનું વજન લટકાવવામાં આવ્યું છે, તો સમતોલપણું મેળવવા માટે B આગળ આડી દિશાનું કેટલું બેર લાગુ પાડવું જોઈશે ?



આકૃતિ ૯૮માં ACB લીવર ખતાવ્યું છે, એમાં Pનો આર્મ બરાબર ૩૯" છે, અને Wનો આર્મ બરાબર ૯" છે, ત્યારે

$$P \times ૩૯ = ૩૦૦ \times ૯$$

$$\therefore P = \frac{૩૦૦ \times ૯}{૩૯}$$

$$= \underline{૬૯.૨ \text{ પૌંડ}}$$

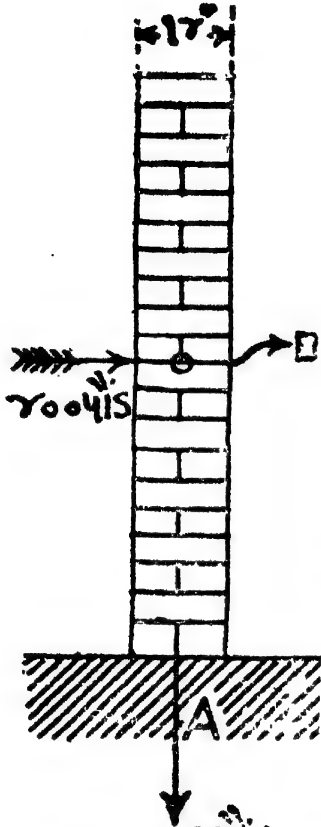
દાખલો ૨—એક દીવાલ ૮ ફુટ ઊંચી

આકૃતિ ૯૮ અને ૧૪ ઇંચ જાડી છે, અને તેને જે વસ્તુઓથી ઘાંધવામાં આવી છે તેનું વજન દર ઘનફુટ દીઠ ૧૩૦ પૌંડ છે. દીવાલની સપાટી ઉપર આવતું હવાનું બેર ઉભી સપાટીનાં દર ચોરસ ફુટ દીઠ ૫૦ પૌંડ છે. દીવાલનો એક ફુટ લંબાઈનો ટુકડો ધ્યાનમાં લેતાં તે ઉપરનું દીવાલને ઉડાવી નાંખનારું હવાનાં બેરનું મોમેન્ટ શોધો; અને વળી દીવાલનાં વજનનો સામે નડતો મોમેન્ટ શોધો. દીવાલ ઉભી રહેશે કે પડી જશે તે જણાવો.

૮ ફુટ ઊંચા, ૧૪ ઇંચ જાડા, અને એક ફુટ લાંબા દીવાલનાં ટુકડાનું ઘનમાપ = ૮ × ૧૪ × ૧ = ૧૧૨ ઘનફુટ.

$$\therefore \text{તેનું વજન} = ૧૧૨ \times ૧૩૦ = ૧૪૫૬૦ \text{ પૌંડ}$$

૮ ફુટ ઉંચા અને એક ફુટ લાંબા દીવાલના ટુકડાની સપાટીનું
ક્ષેત્રફળ = $૮ \times ૧ = ૮$ ચોરસ ફુટ



∴ તે ટુકડાની સપાટી ઉપર આવતું હવાનું
કુલ જોર = $૫૦ \times ૮ = ૪૦૦$ પૌંડ

આ હવાનું જોર આખી સપાટી ઉપર પડે
છે, તેથી તે જોર તે દીવાલના ટુકડાની સપાટીનાં
ગુરૂત્વ મધ્યબિંદુ ઉપર તે દીવાલને ઉઠાવી નાંખ-
નારૂં કાર્ય કરે છે, અને આકૃતિ ૯૯માં દીવાલને
નીચે ઉઠાવી નાંખતાં તે A બિંદુ આસપાસ
કરશે; ત્યારે હવાના જોરનો આર્મ = દિવાલની
અર્ધ ઉંચાઈ = ૪ ફુટ છે. તે A આસપાસનો
દિવાલને ઉઠાવી નાંખનારાં હવાનાં જોરનો
મોમેન્ટ = $૪૦૦ \times ૪ = ૧૬૦૦$ ફુટ-પૌંડ

દિવાલનું વજન તેનાં ગુરૂત્વ મધ્યબિંદુ B
આગળ કાર્ય કરશે, તેથી તેનાં વજનનો આર્મ
આકૃતિ ૯૯ = દિવાલની અર્ધ જડાઈ = $\frac{૧}{૨} \times ૮ = ૪$ ફીટ છે.

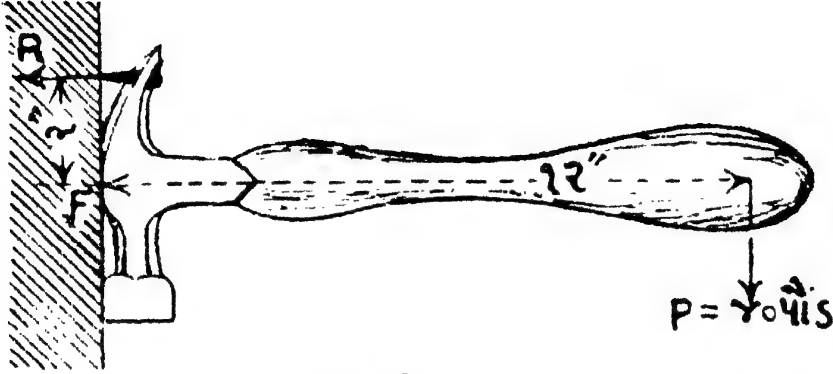
ત્યારે દિવાલનાં વજનનો મોમેન્ટ = $૧૨૧૩.૩ \times ૪ = ૪૮૫૩.૨$ ફુટ-પૌંડ

દીવાલને ઉઠાવી નાંખનારૂં હવાનાં જોરનું મોમેન્ટ દીવાલનાં
વજનનાં સામે નડતા મોમેન્ટ કરતાં વધુ હોવાથી દીવાલને ઉઠાવી
નાંખશે, અને તેથી દીવાલ પડી જશે.

દાખલો ૨—એક સુથારની કલો-હેમર (ખીલા કાઢવાનાં
જડમાંવાળી હથોડી)નો હાથો ૧૨ ઇંચ લાંબો છે, અને જડખું ૨
ઇંચ લાંબું છે, તે હાથને છેડે લાગુ પાડેલા ૪૦ પૌંડનાં જોર વડે
ખીલાનો કેટલા પૌંડનો અવરોધ દુર કરી શકાય ?

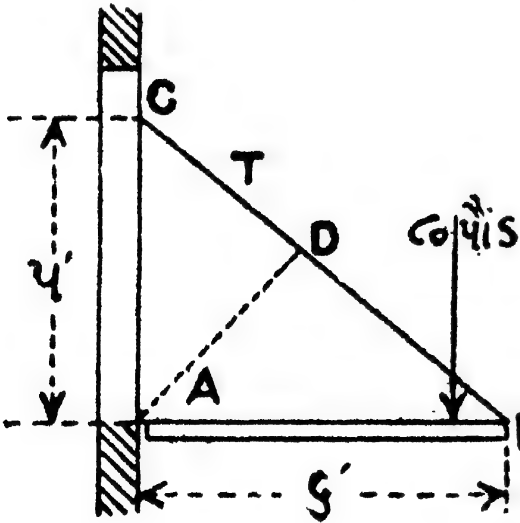
આકૃતિ ૧૦૦માં કલો-હેમર ખતાવી છે.

$$\begin{aligned}
 ૪૦ \times ૧૨ &= R \times ૨ \\
 \therefore R &= \frac{૪૦ \times ૧૨}{૨} \\
 &= \underline{૨૪૦ \text{ પૌંડ}}
 \end{aligned}$$



આકૃતિ ૧૦૦

દાખલો ૪—આકૃતિ ૧૦૧માં દેખાડેલા એક પ્લેટફોર્મ ABનું વજન ૨૫૦ પૌંડ છે, અને તેની લંબાઈ ૬ ફુટ છે. બડવાં (હીંજ) Aથી ૫ ફુટ ઉપર C આગળ નડેલા બે લોખંડના સળીયા વડે પ્લેટફોર્મને ટેકવેલો છે, અને તેની ઉપર કોઈપણ વજન મુકી શકાય છે. જ્યારે ૮૦ પૌંડનું વજન પ્લેટફોર્મ ઉપર એવી રીતે મુકવામાં આવ્યું કે જેથી તેનું ગુરુત્વ મધ્ય બિંદુ બડવાંથી ૫ ફુટ દુર રહે, ત્યારે આ બે સળીયામાંનાં દરેક ઉપર કેટલું ખેંચાણ આવશે ?



આકૃતિ ૧૦૧

આકૃતિ ૧૦૧માં Aની આસપાસનું મોમેન્ટ લેતાં—

પ્લેટફોર્મનાં પોતાનાં વજનનું મોમેન્ટ = પ્લેટફોર્મનું વજન × પ્લેટફોર્મનાં ગુરુત્વ મધ્યબિંદુથી ફલકમ A સુધીનું અંતર = ૨૫૦ × ૩ ફુટ-પૌંડ.

પ્લોટફોર્મ ઉપર મુકેલાં વજનનો મોમેન્ટ = ૮૦ × ૫ ફુટ-પૌંડ.
 \therefore વજનોનાં કુલ મોમેન્ટ = ૨૫૦ × ૩ + ૮૦ × ૫.

બંને રોડ ઉપરનાં ખેંચાણ T નો આર્મ = ફલકમ A થી રોડનાં ખેંચાણની દિશાને લંબ દોરાયલી લીટી AD છે, તો બંને રોડ ઉપરનાં ખેંચાણનું મોમેન્ટ = $T \times AD$.

AD ની લંબાઈ નીચે પ્રમાણે શોધી શકાય:—

કાટકોણ ત્રિકોણ (right angled triangle) CAB ની બે બાજુઓ CA અને AB અનુક્રમે ૫ ફુટ અને ૬ ફુટ લાંબી છે, તેટલા માટે બાજુ $CB = \sqrt{૫^2 + ૬^2} = \sqrt{૨૫ + ૩૬} = \sqrt{૬૧} = ૭.૮૧$ ફુટ; પણ ત્રિકોણનું ક્ષેત્રફળ = ત્રિકોણની કોઈપણ બાજુ \times તે બાજુ ઉપર સામેનાં ખૂણાંથી પડતી લંબ લીટીનું અર્ધ, તેટલા માટે ક્ષેત્રફળ = $૭.૮૧ \times \frac{AD}{૨}$, પણ ક્ષેત્રફળ = $\frac{૬ \times ૫}{૨}$ પણ થઈ શકે છે,

$$\therefore \frac{૭.૮૧ \times AD}{૨} = \frac{૬ \times ૫}{૨}$$

$$\therefore AD = \frac{૬ \times ૫ \times ૨}{૭.૮૧ \times ૨} = ૩.૮૪ \text{ ફુટ}$$

\therefore બંને રોડ ઉપરનાં ખેંચાણનો મોમેન્ટ = $T \times ૩.૮૪$

$\therefore T \times ૩.૮૪ = ૨૫૦ \times ૩ + ૮૦ \times ૫ = ૧૧૫૦$

$\therefore T = \frac{૧૧૫૦}{૩.૮૪} = ૨૯૯.૪૭$ પૌંડ.

પણ આ કુલ ખેંચાણ બે રોડ ઉપરનું છે, તેટલા માટે દરેક

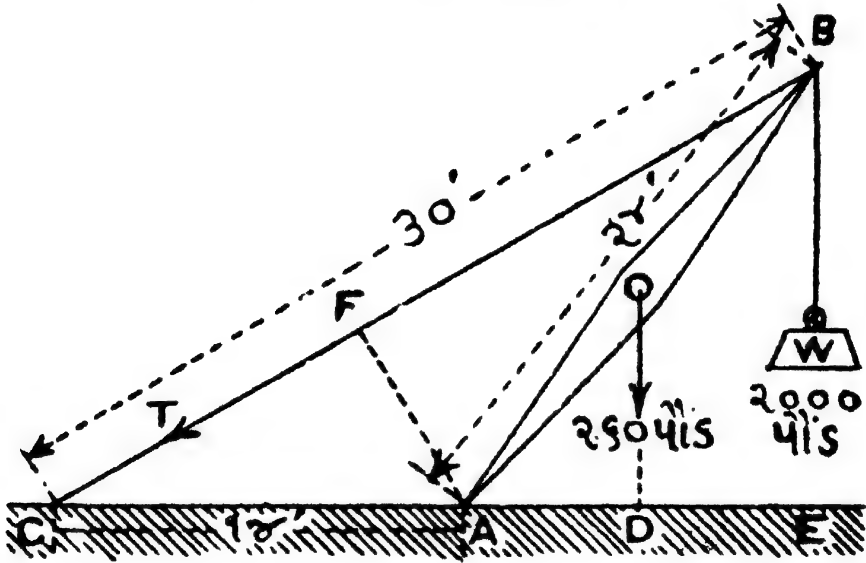
રોડ ઉપરનું ખેંચાણ = $\frac{૨૯૯.૪૭}{૨} = \underline{૧૪૯.૭૩૫}$ પૌંડ

દાખલો ૫—એક સમાન દરીક પોલ (ભારે વજનનાં દાગીનાઓ ઉઘાડવા માટે વપરાતો સ્ટીલનો ગદમ)નું વજન ૨૬૦ પૌંડ છે જેનો

એક છેડા જમીન ઉપર ટેકવાયલો છે. તેને ઉપરે છેડેથી ૨૦૦૦ પૌંડનું વજન લટકાવેલું છે. પોલની લંબાઈ ૨૪ ફુટ છે. પોલનાં પગથી ૧૪ ફુટ દુર જમીન સાથે બાંધેલા એક ગાઈ રોપ વડે તે પોલને તેનાં ઉભા સ્થાને રાખવામાં આવે છે. ગાઈ રોપની લંબાઈ ૩૦ ફુટ છે, તો ગાઈ રોપ ઉપર આવતું તાણ અથવા ખંચાણ શોધો ? ધારોકે T = ગાઈ રોપ ઉપર આવતું તાણ અથવા ખંચાણ પૌંડમાં.

પોલનાં પગ એટલે જમીન સાથે ટેકવાયલા છેડા આસપાસનું મોમેન્ટ લેતાં—

આકૃતિ ૧૦૨માં તાણ અથવા ખંચાણ T નો આર્મ = ફલક્રમ



આકૃતિ ૧૦૨

Aથી ગાઈ રોપનાં ખંચાણની દિશાને કાટખૂણે દોરાયલી લીટી AF છે, તો ગાઈ રોપ ઉપરનાં ખંચાણનો મોમેન્ટ = $T \times AF$.

લટકાવેલાં ૨૦૦૦ પૌંડનાં વજનનો મોમેન્ટ = $૨૦૦૦ \times AE$,

અને દેરીક પોલનાં પોતાનાં વજનનો મોમેન્ટ = $૨૬૦ \times AD$.

\therefore વજનનો કુલ મોમેન્ટ = $૨૦૦૦AE + ૨૬૦ \times AD$.

પણ $AE = ૨AD$ છે, $\therefore AD = \frac{AE}{૨}$

$$T \times AF = 2000 \times AE + 250 \times \frac{AE}{2}$$

$$\therefore T \times AF = 2000 \times AE + 125 \times AE$$

$$= 2125 \times AE$$

$$\therefore T = \frac{2125 \times AE}{AF}$$

હવે AF અને AE શોધવા માટે—

ત્રિકોણ ABCનું ક્ષેત્રફળ = $\sqrt{S(S-a)(S-b)(S-c)}$
 છે. એમાં S=ત્રિકોણની ત્રણ બાજુઓનાં સરવાળાનું અર્ધ, અને a, b, તથા c એ ત્રણ બાજુઓની લંબાઈ છે.

(નોટ—જ્યારે એક ત્રિકોણની ત્રણ બાજુઓનાં માપ આપેલાં હોય અને લંબ ઉંચાઈ આપી ન હોય ત્યારે ત્રિકોણનું ક્ષેત્રફળ ઉપલા નિયમ પ્રમાણે શોધી શકાય.)

$$\text{ત્રિકોણ ABCમાં } S = \frac{24 + 30 + 18}{2} = 36 \text{ યુટ.}$$

$$\begin{aligned} \text{ત્યારે ત્રિકોણ ABCનું ક્ષેત્રફળ} &= \sqrt{36(36-24)(36-30)(36-18)} \\ &= \sqrt{291600} \\ &= 540 \\ &= 540 \text{ ચો. યુટ લગભગ.} \end{aligned}$$

$$\text{પણ ત્રિકોણ ABCનું ક્ષેત્રફળ} = \frac{BC \times AF}{2} = \frac{30 \times AF}{2}$$

$$\therefore \frac{30 \times AF}{2} = 540$$

$$\therefore AF = \frac{540 \times 2}{30} = 36 \text{ યુટ.}$$

$$\text{તેજ પ્રમાણે ત્રિકોણ ABCનું ક્ષેત્રફળ} = \frac{AC \times BE}{2} = \frac{18 \times BE}{2}$$

$$\therefore \frac{૧૪ \times BE}{૨} = ૧૬૫, \therefore BE = \frac{૧૬૫ \times ૨}{૧૪} = ૨૩.૫ \text{ યુટ.}$$

કાટકોણ ત્રિકોણ ABEમાં—

$$\text{કર્ણ } AB^2 = AE^2 + BE^2$$

$$\therefore AE = \sqrt{AB^2 - BE^2}$$

$$= \sqrt{૨૪^2 - ૨૩.૫^2}$$

$$= \sqrt{૨૩.૭૫}$$

$$= ૪.૮૭ \text{ યુટ.}$$

$$T = \frac{૨૧૩૦ \times AE}{AF}$$

$$= \frac{૨૧૩૦ \times ૪.૮૭}{૧૧}$$

$$= \underline{\underline{૯૪૩ \text{ પૌંડ}}}$$

એકસર્સાઈઝ ૭મી.

૧. એક બેન્ટ લીવર ACB પીન C આસપાસ ફરે છે. આર્મ AC આડો છે જે ૯ ઇંચ લાંબો છે. આર્મ BC ઉભો છે જે ૩૯ ઇંચ લાંબો છે. ૩૦૦ પૌંડનું વજન A આગળથી લટકાવ્યું છે, તે B આગળ કેટલા પૌંડનું આડું બેર સમતોલપણું જાળવશે ?

૨. એક બેન્ટ લીવર ACBનાં આર્મ્સ એક ખીન્નને કાટખૂણે છે, અને પીન C આસપાસ લીવર ફરે છે. આર્મ AC ૬ ઇંચ લાંબો છે, અને BC ૨૭ ઇંચ લાંબો છે, જે ઉભી લીટીથી ૩૦°ને ખૂણે ઢળતો છે. તે ACને કાટખૂણે A આગળ લાગુ પાડેલા ૨૫૦ પૌંડનાં બેર Qને B આગળ કેટલા પૌંડનું બેર P સમતોલ કરશે ?

૩. એક સુધારની ક્લૉ હેમર (ખીલા કાઢવા માટેનાં જડખાંવાળી હથોડી)નો હાથો ૧૫ ઇંચ લાંબો છે, અને જડખું ૩ ઇંચ લાંબું છે, તે હાથને છેડે લાગુ પાડેલાં ૫૦ પૌંડનાં દબાણ વડે ખીલાનો કેટલા પૌંડનો અવરોધ દુર કરી શકાય ?

૪. સીધાં લીવર APના એક છેડા A આગળ ૧૬૦ પૌંડનું જોર લીવરને ૬૦°ને ખૂણે કાર્ય કરે છે, તો તે લીવરનાં ખીજા છેડા B આગળ ૪૫°ને ખૂણે કાર્ય કરતું કેટલું જોર લીવરને સમતોલપણામાં જાળવી રાખશે? Bથી ફલક્રમ સુધીનું અંતર Aથી ફલક્રમ સુધીનાં અંતરથી બમણું છે.

૫. એક દિવાલ ૮ ફુટ ઊંચી અને ૨ ફુટ જડી છે. તે દિવાલને નીચે પાડવા માટે તેને મથાળેથી આડી દિશાએ લંબાઈને કાટખૂણે એક જોર P લાગુ પાડ્યું છે. દિવાલની લંબાઈ ૨૦ ફુટ છે, તો જ્યારે દિવાલના પદાર્થનું વજન દર ધનફુટ દીઠ ૧૨૦ પૌંડ હોય તો જોર P શોધો?

૬. એક દિવાલ ૧૦ ફુટ ઊંચી અને ૧૮ ઇંચ જડી છે, અને તેને જે પદાર્થથી બનાવવામાં આવી છે તેનું વજન દર ધનફુટ દીઠ ૧૨૫ પૌંડ છે. દિવાલની લંબાઈ ૨૫ ફુટ છે. તો આ દિવાલ તેની સપાટીનાં દર ચોરસ ઇંચ ઉપર આવતાં હવાનાં વધુમાં વધુ કેટલાં પૌંડનાં દબાણની સામે ઊભી રહી શકશે?

૭. એક રેક્ટેંગ્યુલર એટલે ક્રાટકોણ ચોખ્ખાકાર ત્રેપેઝોર (ફાલકું) કે જે ૪ ફુટ સમચોરસ છે તેનું વજન ૭૫ પૌંડ છે. તેને એક ધાર સાથે બડવાં જડી આડી દિશામાં રાખેલો છે, અને એક સાંકળ વડે તેને આડા સ્થાનમાં ટેકવી રાખવામાં આવે છે કે જે સાંકળનો એક છેડો ત્રેપેઝોરની બહારની ધારનાં મધ્યબિંદુ સાથે અને ખીજો છેડો જે ધાર સાથે બડવાં જડેલાં છે તે ધારનાં મધ્યબિંદુથી ૭ ફુટ ઉપર ઊભી દિશામાં આવેલાં એક બિંદુ સાથે જોડેલો છે, તો સાંકળ ઉપર આવતું બંધાણ શોધો?

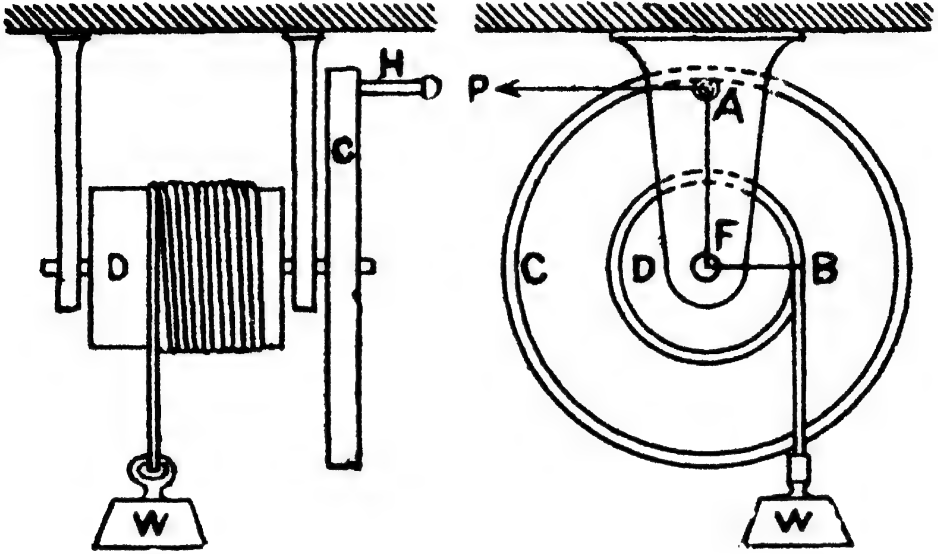
પ્રકરણ ૭મું

સાદાં યંત્રો—જેવાં કે, બહીલ અને એકસલ,
વિંચ, કેપ્સતન, વીગેરે.

યંત્રો (મશીન્સ = **Machines**)—યંત્ર એ એક રચના અથવા યુક્તિ છે, જે કોઈપણ બહારનાં સાધનમાંથી કામ મેળવે છે, જે કામનું તે યંત્ર વડે સ્વરૂપ બદલી તેને જોઈતાં કામ માટે ધણું સગવડભર્યાં કોઈપણ રૂપમાં બહાર આપે છે. યંત્રના દાખલા તરીકે વજનો ઉપાડવા માટેનો એક સાદો વિંચ (**Winch**) અથવા બહીલ અને એકસલ (**wheel and axle**) લઈએ. આ યંત્ર તેના હાથા આગળ માણસનાં ખેંચાણ અથવા ધક્કા કે જે ડૂમ અથવા એકસલને ગોળ ફેરવે છે તેમાંથી પોતે કામ મેળવે છે. ડૂમ અથવા એકસલ વજન ઉપાડનારાં દોરડાં ઉપર ખીજાં સ્વરૂપમાં ખેંચાણ ઉત્પન્ન કરે છે જે વડે ઉપર ઉંચકાતાં વજન ઉપર કામ થાય છે. વજનો ઉપાડવા માટે વપરાતાં યંત્રો (**Hoisting tackles**), મશીન ટુલ્સ, વિગેરેમાં હમેશાં યંત્રોમાં આપવામાં આવતાં કામનું જોર યંત્રની મદદ વડે દુર કરવામાં આવતા અવરોધ કરતાં ઓછું હોય છે, અને યંત્રોનો યાંત્રિક લાભ (મીકેનિકલ એડવાન્ટેજ **Mechanical advantage**) આ જો જોરોનું પ્રમાણ છે.

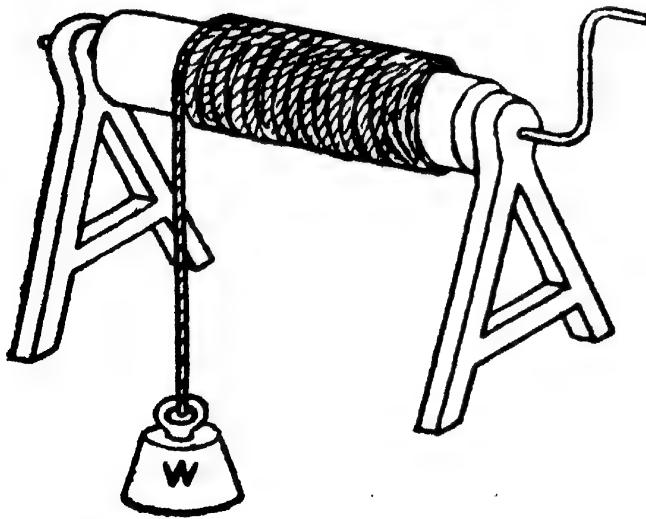
બહીલ અને એકસલ—જે વેળાએ ખેલદ અંતરેથી વજન ઉપાડવું હોય ત્યારે સાધારણ લીવરની રચનાનાં ઉપયોગને બાધ નડે છે.

આ અડચણ દુર કરવા માટે વ્હીલ અને એક્સલનો ઉપયોગ કરવામાં આવે છે. વાસ્તવિક રીતે કહીએ તો ન્યાં સુધી જરૂર પડે ત્યાંસુધી લીવરનું કાર્ય ચાલુ રાખવા માટેની તે માત્ર એક વ્યવહારિક રચના છે, કે જેથી કરીને કોઈપણ ઇચ્છિત અંતરેથી વજનને ઉપાડી શકાય છે.



આકૃતિ ૧૦૩

આકૃતિ ૧૦૩માં વ્હીલ અને એક્સલની રચના ખતાવી છે. એમાં C વ્હીલ છે અને D એક્સલ છે. જોર Pને વ્હીલ સાથે



આકૃતિ ૧૦૪

સજ્જડ કરેલા હાથા H ઉપર લાગુ પાડવામાં આવે છે. જે ગોળાકાર માર્ગમાં હાથા ફરે છે તે માર્ગને સ્પર્શ રેખાંશ (tangentially) જોર હમેશાં કાર્ય કરે છે. શાફ્ટ સાથે વ્હીલને બદલે કેંક હેન્ડલ સજ્જડ કરવાથી પણ નિયમ એક સરખોજ રહે છે. આ

બાબદમાં યંત્રને “ વિન્ડગ્લેસ ” (Windlass) અથવા “ વિન્ચ ” (winch) કહે છે જે આકૃતિ ૧૦૪માં બતાવ્યું છે. વજન Wને દોરડાં અથવા સાંકળ વડે લટકાવવામાં આવે છે જે દોરડું અથવા સાંકળ એકસલ D સાથે બાંધી તેની આસપાસ લપેટવામાં આવે છે. આકૃતિમાં દેખાયા પ્રમાણે યોગ્ય બેરીંગમાં ટેકવેલી શાફ્ટ, કે જેનું મધ્યબિંદુ F છે, તે ઉપર વહીલ અને એકસલ ફરે છે.

વહીલ અને એકસલને લાગુ પાડવામાં આવતો મોમેન્ટનો નિયમ—આકૃતિ ૧૦૩માં આપેલા વહીલ અને એકસલના ડાયગ્રામ ઉપરથી માલમ પડશે કે આ રચના લીવર AFBની બરાબર છે, જેમાં F ફલક્રમ છે. A આગળ જોર P લાગુ પાડવામાં આવ્યું છે, અને B આગળ વજન W છે, તેટલા માટે મોમેન્ટના નિયમ પ્રમાણે—

$$P \times AF = W \times BF \text{ છે.}$$

$$\therefore \frac{W}{P} = \frac{AF}{BF} = \frac{\text{વહીલની ત્રિજ્યા}}{\text{એકસલની ત્રિજ્યા}} = \frac{R}{r}$$

વહીલ અને એકસલને લાગુ પાડવામાં આવતો કામનો નિયમ—વહીલ અને એકસલની આકૃતિ ઉપરથી માલમ પડશે કે જે વહીલ અને એકસલ એક આંટા ફરે તો જોર P વડે પસાર થતું અંતર = જે વર્તુલમાં P ફરે છે તે વર્તુલ એટલે વહીલનો પરિઘ, અને તેટલાજ વખતમાં W વડે પસાર થતું અંતર એટલે Wનો ઉપાડ = એકસલનો પરિઘ; માટે કામનાં નિયમ પ્રમાણે, યંત્રમાંનું ધર્ષણ ધ્યાનમાં ન લઈએ તો

યંત્રમાં P વડે આપવામાં આવતું કામ = Wને ઉપાડવામાં મેળવી શકાતું કામ.

$$\therefore P \times \text{વહીલનો પરિઘ} = W \times \text{એકસલનો પરિઘ.}$$

જો R = વહીલની ત્રિજ્યા, અને r = એકસલની ત્રિજ્યા હોય તો

$$P \times 2 R \times 3.1416 = W \times 2 r \times 3.1416$$

૨ × ૩.૧૪૧૬ને ઉડાવી દેતાં આપણને $P \times R = W \times r$ મળશે.

પણ આ પરિણામ આપણે મોમેન્ટનો નિયમ લાગુ પાડી મેળવેલાં પરિણામની તદ્દન ખરાબર છે. આ ઉપરથી આપણને માલમ પડશે કે “ મોમેન્ટનો નિયમ ” “ કામનાં નિયમ ”ને મળતો હોય છે.

જે દાખલાઓમાં W ને જે દોરડાં અથવા સાંકળ વડે લટકાવવામાં આવે છે તેની જડાઈ આપવામાં આવી હોય તે દાખલાઓમાં W નાં આર્મ માટે એકસલની ત્રિજ્યા લઈ તેમાં દોરડાં અથવા સાંકળની અર્ધ જડાઈ એટલે ત્રિજ્યા ઉમેરવી; અને તેજ પ્રમાણે જે P નો સંચાર દોરડાં વડે કરવામાં આવતો હોય તો P નાં આર્મ માટે બહીલની ત્રિજ્યા લઈ તેમાં દોરડાંની અર્ધ જડાઈ એટલે ત્રિજ્યા ઉમેરવી.

વિદ્યાર્થીઓએ આ બાબદ ઉપર ખાસ લક્ષ આપવું જોઈએ કે બહીલ અને એકસલ અથવા વિંચની બાબદમાં આપણે જે P જે વર્તુલમાં ફરે તે વર્તુલની ત્રિજ્યા લઈએ તો એકસલની પણ ત્રિજ્યા લેવી, અથવા જે P નાં વર્તુલ માર્ગનો વ્યાસ લઈએ તો એકસલનો પણ વ્યાસ લેવો, અથવા જે P નાં વર્તુલ માર્ગનો પરિઘ લઈએ તો એકસલનો પણ પરિઘ લેવો જોઈએ. એકની ત્રિજ્યા અને બીજાનો વ્યાસ અથવા એકનો વ્યાસ અને બીજાનો પરિઘ, વીગેરે એમ લઈ શકાય નહીં.

દાખલો ૧—એક વિંચમાં તેના ૧૫ ઈંચ લાંબા હાથાને છેડે એક માણસ ૩૦ પૌંડનું જ્વેર લાગુ પાડી તેને ફેરવે છે, તો ૧૦ ઈંચ વ્યાસના એકસલ ઉપરથી લટકાવેલાં દોરડાંને છેડે બાંધેલું કેટલા પૌંડનું વજન ઉપાડી શકાશે ?

પહેલી રીત, લીવરનાં નિયમ પ્રમાણે :—

$$P \times R = W \times r$$

$$૩૦ \times ૧૫ = W \times ૫$$

$$\therefore W = \frac{૩૦ \times ૧૫}{૫}$$

$$= \underline{\underline{૯૦ \text{ પૌંડ}}}$$

ખીજી રીત, કામનાં નિયમ પ્રમાણે :—

એક આંગમાં Pની ગતિ = જે વર્તુલમાં P ફરે છે તે વર્તુલનો
પરિઘ = $2 R \times 3.1416$
= $2 \times 15 \times 3.1416,$

અને તેટલાજ વખતમાં Wની ગતિ = એકસલનો પરિઘ
= $2 \times 1 \times 3.1416$
= $2 \times 4 \times 3.1416$

∴ Pનું કામ = $P \times 2 \times 15 \times 3.1416$

અને, Wનું કામ = $W \times 2 \times 4 \times 3.1416$

પણ કામનાં નિયમ પ્રમાણે P વડે આપવામાં આવતું કામ
= Wને ઉપાડવા માટે મેળવી શકાતું કામ

∴ $P \times 2 \times 15 \times 3.1416 = W \times 2 \times 4 \times 3.1416$

$30 \times 2 \times 15 \times 3.1416 = W \times 2 \times 4 \times 3.1416$

∴ $W = \frac{30 \times 2 \times 15 \times 3.1416}{2 \times 4 \times 3.1416}$

= $\frac{30 \times 15}{4}$

= ૯૦ પૌંડ

દાખલો ૨—એક બહીલ અને એકસલમાં એકસલનો વ્યાસ ૭
ઇંચ છે. જે વર્તુલમાં જો P ફરે છે તે વર્તુલની ત્રિજ્યા ૨૪ ઇંચ
છે, તો એકસલ ઉપરથી લટકાવેલાં દોરડાંને છેડે બાંધેલાં ૨૪૦ પૌંડનાં
વજનને ઉપાડવા માટે કેટલું જોર જોઈશે ? દોરડાંનો વ્યાસ ૧ ઇંચ છે.
વળી આ મશીનનો યાંત્રિક લાભ (મીકેનીકલ એડવાન્ટેજ) શોધો, અને
ગતિનું પ્રમાણ શોધો.

ધર્ષણ ધ્યાનમાં ન લેતાં—

પહેલી રીત :—લીવરના નિયમ પ્રમાણે—

$$P \times P_{નો} આર્મ = W \times W_{નો} આર્મ$$

$$P_{નો} આર્મ = ૨૪ ઇંચ છે, અને$$

$$W_{નો} આર્મ = એકસલની ત્રિજ્યા + દોરડાંની ત્રિજ્યા \\ = ૩\frac{૧}{૨} + \frac{૧}{૨} = ૪ ઇંચ.$$

$$\therefore P \times ૨૪ = W \times ૪$$

$$P \times ૨૪ = ૨૪૦ \times ૪$$

$$\therefore P = \frac{૨૪૦ \times ૪}{૨૪} = \underline{૪૦} \text{ પૈાંડ}$$

બીજી રીત :—કામના નિયમ પ્રમાણે—

ખર્ચ કરેલી શક્તિ = ઉપયોગી કામ

$$P \times P_{ની} ગતિ = W \times W_{ની} ગતિ$$

$$P_{ની} ગતિ = ૨૪ \times ૨ \times \frac{૨૨}{૭}, અને$$

$$W_{ની} ગતિ = (૩\frac{૧}{૨} + \frac{૧}{૨}) \times ૨ \times \frac{૨૨}{૭}$$

$$\therefore P \times ૨૪ \times ૨ \times \frac{૨૨}{૭} = ૨૪૦ \times ૪ \times ૨ \times \frac{૨૨}{૭}$$

$$\therefore P = \frac{૨૪૦ \times ૪}{૨૪} = \underline{૪૦} \text{ પૈાંડ}$$

$$\text{મીકેનીકલ એડવાન્ટેજ એટલે યાંત્રિક લાભ} = \frac{W}{P} = \frac{૨૪૦}{૪૦} \\ = \underline{\frac{૬}{૧}}$$

$$P_{ની} ગતિ : W_{ની} ગતિ :: ૨૪ \times ૨ \times \frac{૨૨}{૭} : (૩\frac{૧}{૨} + \frac{૧}{૨}) \times ૨ \times \frac{૨૨}{૭} \\ :: ૨૪ : ૪ \\ :: \underline{૬} : ૧$$

કેપ્સ્ટન (capstan)—વહાણમાં લંગર ઉપાડવા તથા દરી-આમાં નાંખવા માટે, અને વહાણને ગોદીની દિવાલ નજદીક ખેંચવા માટે સાંકળને લપેટવા તથા ઉકેલવાં જે યંત્ર વપરાય છે તેને કેપ્સ્ટન

(capstan) કહે છે. વહીલ અને એક્સલનો નિયમ આ કેપ્સ્ટનને લાગુ પાડવામાં આવે છે. એમાં એક્સલ ઉભો છે અને એક્સલની ઉભી ધરી ઉપર બેસાડેલાં વહીલની રીમમાં આપેલા સગવડભર્યાં વેહોમાં ખોસેલા આરાઓ અથવા સળીયા ઉપર ખલાસીઓ જોર લાગુ પાડી વહીલને ગોળ ફેરવે છે, જેથી દોરકું એક્સલ ઉપર લપેટાય છે અથવા ઉકેલાય છે.

એમાં માલમ પડશે કે દરેક ખલાસી વડે લાગુ પાડવામાં આવતું જોર P તે જે વતુંલમાં ફેરે છે તેની ત્રિજ્યા (R) એ (એટલે એક્સલ અથવા બેરલનાં મધ્યથી જે બિંદુએ P સળીયા અથવા આરાઓ ઉપર લાગુ પાડવામાં આવે છે તે બિંદુ સુધીનાં અંતરે) કાર્ય કરે છે. તો જ્યારે એકજ વ્યાસમાં સામસામે આવેલા બે આરા અથવા સળીયા ઉપર એક સરખાં જોરો કરી બે ખલાસીઓ કાર્ય કરે ત્યારે $2R \times P$ એક “કપલ” બને છે જે એક દિશામાં કેપ્સ્ટનને ફેરવવાનું વહાણુ કરે છે (જુઓ “કપલ”ની વ્યાખ્યા). પરીણામે જેમ આપણે આગળ શીખી ગયા તેમ કપલનાં સ્વભાવ ઉપરથી આ કપલ તેની બરાબરનાં મોમેન્ટવાળા અને તેનાથી ઉલટી દિશામાં કાર્ય કરતા બીજા મોમેન્ટ વડે માત્ર સમતોલ થઈ શકે છે. જ્યારે કેપ્સ્ટનનાં બેરલનાં મધ્યબિંદુથી દોરકાંનાં મધ્યબિંદુ સુધીનાં અંતરની બરાબરના આર્મ R સાથે કાર્ય કરતું વહાણુનાં લંગરનું વજન અથવા વહાણુનો અવરોધ તે બેરલનાં મધ્યબિંદુ આગળનાં તેનીજ બરાબરનાં પ્રતિકાર્ય (W)ને સમતોલ ફેરે છે ત્યારે આવી એક બીજી કપલ બને છે. તો જ્યારે બે ખલાસીઓ વડે લાગુ પાડેલું જોર વહાણુનાં લંગરનાં વજનનાં અવરોધ વડે સમતોલ થાય છે ત્યારે આપણને એક કપલ બીજા કપલને બરાબર સમતોલ કરતી મળે છે, અથવા, $P, 2R, P$ એ કપલ W, r, W ને સમતોલ કરે છે, એટલે $P \times 2R = W \times r$.

એજ પ્રમાણે ખલાસીઓની બે, ત્રણ, અથવા ચાર જોડી સાથે આપણને એક દિશામાં કાર્ય કરતી બે, ત્રણ, અથવા ચાર કપલ મળે છે

જે ઉલટી દિશામાં કાર્ય કરતાં ઘેરલનાં મધ્યબિંદુ અને દોરડાનાં મધ્યબિંદુ વચ્ચેનાં અંતર જેટલા આર્મ સાથે કાર્ય કરતાં વજન અને ઘેરલનાં મધ્યબિંદુ ઉપરનાં પ્રતિકાર્યથી બનતી એક કપલવડે સમતોલ થાય છે.

દાખલો ૨—એક વહાણનું લંગર ઉપાડવા માટે કેપ્સ્ટનમાં ૧૨ સળીયા વપરાયા છે જે દરેક સળીયાને છેડે અકેક ખલાસી જોર કરે છે. કેપ્સ્ટનનાં મધ્યબિંદુથી સળીયાના છેડા સુધીનું અંતર ૬ ફુટ છે, અને ઘેરલનો વ્યાસ ૨ ફુટ છે. જે દરેક ખલાસી સળીયાને છેડે ૮૦ પૌંડનું જોર કરે તો લંગર અને સાંકળનું વજન શોધો? વળી મધ્યની જે શાફ્ટ ઉપર કેપ્સ્ટન ફરે છે તેના ઉપરનું દબાણ શોધો?

આ દાખલામાં ખલાસીઓનાં જોરોની ૬ કપલ, લંગરનાં વજન અને ઘેરલનાં મધ્યબિંદુ આગળનાં તેનાં પ્રતિકાર્યની એક કપલ વડે સમતોલ થાય છે, તેટલા માટે

$$૬ (P \times ૨R) = W \times r$$

$$૬ (૮૦ \times ૨ \times ૬) = W \times ૧$$

$$૬ \times ૯૬૦ = W \times ૧$$

$$\therefore W = \underline{૫૭૬૦ \text{ પૌંડ}}$$

અથવા, બહીલ અને એકસલનાં નિયમ પ્રમાણે :—

$$\text{કુલ જોર } P = ૧૨ \times ૮૦ = ૯૬૦ \text{ પૌંડ}$$

$$P \times P \text{નો આર્મ} = W \times W \text{નો આર્મ}$$

$$૯૬૦ \times ૬ = W \times ૧$$

$$\therefore W = \underline{૫૭૬૦ \text{ પૌંડ}}$$

મધ્યની શાફ્ટ ઉપર જોર Pને લીધે કશું દબાણ આવતું નથી, પણ માત્ર લંગરનાં વજનને લીધે દોરડાં ઉપર જે ખેંચાણ આવે છે તેનું દબાણ આવે છે, માટે શાફ્ટ ઉપરનું દબાણ = ૫૭૬૦ પૌંડ.

ઉપર સમજાવેલી વહીલ અને એક્સલ તથા કેપ્સ્ટનની બાબતમાં આપણે જ્યારે ધર્ષણ (ફ્રિક્શન) ધ્યાનમાં લીધું નથી ત્યારે $P \times R \times \frac{22}{9} = W \times 2r \times \frac{22}{9}$, અથવા ખર્ચ કરેલી શક્તિ = ઉપયોગી કામ આપણને મળે છે. એમાં યાંત્રિક લાભ = $\frac{W}{P} = \frac{2R \times \frac{22}{9}}{2r \times \frac{22}{9}}$ છે. પણ હવે આપણે ધર્ષણ ધ્યાનમાં લઈએ તો ખર્ચ કરેલી શક્તિનો એક ભાગ ધર્ષણનો અવરોધ દુર કરવામાં ખર્ચ થાય છે, તેટલા માટે આપેલાં વજન માટે થીઅરી પ્રમાણેનાં જોર કરતાં વધુ જોર જોઈશે. ત્યારે આપણને ખર્ચ કરેલી શક્તિ \times એરીશીઅન્સી = ઉપયોગી કામ, અથવા $P \times 2R \times \frac{22}{9} \times$ એરીશીઅન્સી $E = W \times 2r \times \frac{22}{9}$ મળશે, અથવા યાંત્રિક લાભ = $\frac{W}{P} = \frac{2R \times \frac{22}{9} \times E}{2r \times \frac{22}{9}}$ છે. (જુઓ પ્રકરણ ૧૦મું).

દાખલો ૪—એક વહીલ અને એક્સલમાં ઘેરલનો વ્યાસ ૯ ઇંચ છે અને દોરડાંનો વ્યાસ ૧ $\frac{3}{4}$ ઇંચ છે. વહીલની રીમ ઉપર આપેલા હાથા આગળ જોર P લાગુ પાડવામાં આવે છે. જે વર્તુલમાં P ફરે છે તે વર્તુલની ત્રિજ્યા ૧૫ ઇંચ છે. એક્સલ ઉપરથી લટકતાં દોરડાંને છેડે બાધેલાં ૪૫૦ પૌંડનાં વજનને ઉપાડવાનું છે. જો વહીલ અને એક્સલની એરીશીઅન્સી એટલે કાર્યસાધકત્વ ૮૦ ટકા હોય તો હાથા ઉપર કેટલું P લાગુ પાડવું જોઈશે ?

કામનાં નિયમ પ્રમાણે—

ખર્ચ કરેલી શક્તિ \times એરીશીઅન્સી = ઉપયોગી કામ.

$P \times P$ ની ગતિ \times એરીશીઅન્સી $F_1 = W \times W$ ની ગતિ.

$$P \times 2 \times 15 \times \frac{22}{9} \times \frac{80}{100} = 450 \times 2 \left(1\frac{3}{4} + \frac{3}{8} \right) \times \frac{22}{9}$$

$$P \times 15 \times \frac{80}{100} = 450 \times 2\frac{1}{4}$$

$$\therefore P = \frac{450 \times 2\frac{1}{4} \times 100}{8 \times 15 \times 80}$$

$$= \underline{\underline{125.0 \text{ પૌંડ}}}$$

દાખલો ૫—એક વહાણનું લંગર ઉપડવા માટે કેપ્સ્ટનને સામસામેની બાબુએ બે માણસો વડે ચલાવવામાં આવે છે. દરેક માણસ ધરીનાં મધ્યથી ૪ ફુટનાં અંતરે ૩૫ પૈંડનું જોર કરે છે. ૯ ઈંચ વ્યાસનાં ડૂમની ફરતે દોરડું લપેટવામાં આવે છે જે દોરડાંનો વ્યાસ ૧ ઈંચ છે. જો કેપ્સ્ટનની એપ્રીશીઅન્સી ૮૫ ટકા હોય તો લંગરનું વજન શોધો? અને વળી જો શાફ્ટ ઉપર કેપ્સ્ટન ફરે છે તે શાફ્ટ ઉપરનું દબાણ શોધો?

$$\text{કુલ જોર } P = 2 \times 35 = 70 \text{ પૈંડ}$$

$$\text{ખર્ચ કરેલી શક્તિ } \times E = \text{ઉપયોગી કામ}$$

$$70 \times 48 \times 2 \times \frac{22}{7} \times \frac{24}{100} = W (4\frac{1}{2} + \frac{1}{2}) \times 2 \times \frac{22}{7}$$

$$\therefore 70 \times 48 \times \frac{24}{100} = W \times 4$$

$$\therefore W = \frac{70 \times 48 \times 24}{4 \times 100} = \underline{403.2 \text{ પૈંડ}}$$

મધ્યની શાફ્ટ ઉપર જોર Pને લીધે કશું પણ દબાણ આવતું નથી પણ માત્ર લંગરનાં વજનને લીધે દોરડાં ઉપર જે ખંચાણ આવે છે તેનું દબાણ આવે છે, માટે શાફ્ટ ઉપરનું દબાણ = 403.2 પૈંડ.

એક્સસાઈઝિ ૮મી.

૧. એક વહીલ અને એક્સલમાં વહીલને લાગુ પાડેલું જોર P જે વર્તુલમાં ફરે છે તેનો વ્યાસ ૪ ફુટ છે, અને એક્સલની ત્રિજ્યા ૩ ઈંચ છે, તો ધર્પણ ધ્યાનમાં ન લેતાં P અને W વચ્ચેનું પ્રમાણ શોધો?

૨. વહીલ અને એક્સલમાં વહીલની ત્રિજ્યા ૩૦ ઈંચ, P ૧૫ પૈંડ, અને એક્સલનો વ્યાસ ૮ ઈંચ છે, તો વજન W શોધો? જે દોરડાં વડે વજનને ઉપાડવામાં આવે છે તેનો વ્યાસ ૧ ઈંચ ધ્યાનમાં લેવામાં આવે તો W કેટલો આવશે? વળી મીકેનીકલ એડવાન્ટેજ એટલે યાંત્રિક લાભ શોધો?

૨. એકસલની ત્રિજ્યા ૩૬ ઇંચ છે, P ૨૦ પૈંડ છે, અને W ૧૮૦ પૈંડ છે, તો જે વર્તુલમાં P ફરે છે તેનો પરિધ શોધો ?

૪. વહીલ અને એકસલમાં જે વર્તુલમાં જેર P ફરે છે તેની ત્રિજ્યા ૩૬ ઇંચ, P ૨૪ પૈંડ અને વજન W ૨૫૦ પૈંડ હોય તો એકસલનો વ્યાસ શોધો. જે દોરડાંનો વ્યાસ ૧ ઇંચ ધ્યાનમાં લેવામાં આવે તો એકસલનો વ્યાસ કેટલો હશે ?

૫. એક વહીલ અને એકસલમાં વહીલની રીમ આગળ લાગુ પાડેલું જેર ૧૦ ફુટનું અંતર પસાર કરે છે ત્યારે ૪ હન્ડ્રેડવેટનું વજન ૨ ફુટની ઉંચાઈએ ઉપાડી શકાય છે. જે એકસલનો વ્યાસ ૧૦ ઇંચ હોય તો લાગુ પાડેલું જેર શોધો, અને વહીલની ત્રિજ્યા શોધો ?

૬. એક વીન્ડલેસમાં જેરલનો વ્યાસ ૮ ઇંચ, દોરડાંનો વ્યાસ ૧૧ ઇંચ, અને કેંક હેન્ડલ ૧૫ ઇંચ લાંબો છે, તો ૨ હન્ડ્રેડવેટનું વજન ઉપાડવા માટે હાથાને છેડે કેટલું જેર લાગુ પાડવું જોઈશે ? જે એરીશીઅન્સી ૮૫ ટકા હોય તો કેટલું જેર લાગુ પાડવું જોઈશે ?

૭. વહાણનું લંગર ઉપાડવા માટે એક કેપ્સ્ટન ૪ માણસો વડે ચલાવવામાં આવે છે. દરેક માણસ કેપ્સ્ટનનાં મધ્યથી ૪ ફુટનાં અંતરે ૩૦ પૈંડનું જેર લાગુ પાડે છે. ૩ ઇંચ વ્યાસનું એક દોરડું કે જેના લટકતા છેડા ઉપર લંગર બાંધવામાં આવેલું છે તેને ૫૭ ઇંચ ત્રિજ્યાનાં જેરલ ઉપર લપેટવામાં આવે છે, તો લંગરનું વજન કેટલું હશે ? વળી કેપ્સ્ટનની મધ્યની ધરી ઉપર કેટલું દબાણ આવશે ?

૮. એક વહાણને ગોદીની દીવાલની નજદીક ખેંચી લાવવા માટે કેપ્સ્ટન વપરાય છે. કેપ્સ્ટનને તેનાં હેડ (માંથાં)માં ખોસેલા ૬ હાથા અથવા સળીયા કે જે દરેકને છેડે અકેક ખલાસી જેર કરે છે તેનાં વડે ચલાવવામાં આવે છે. દરેક ખલાસી ધરીનાં મધ્યથી ૫ ફુટને અંતરે ૪૦ પૈંડનું જેર કરે છે. ૧૪ ઇંચ વ્યાસનાં જેરલ અથવા ડૂમ ઉપર દોરડાંને લપેટવામાં આવે છે જે દોરડાંનો વ્યાસ ૧ ઇંચ છે.

દોરડાંને ખીજો છેડો ગોદીની દીવાલ સાથે બાંધેલો છે. તેા દોરડાં ઉપર આવતું ખેંચાણુ શોધો કે જે કેપ્સ્ટનનાં હાથાઓ ઉપરનાં દબાણુને સમતોલ રાખે. વળી મધ્યની જે શાફ્ટ ઉપર કેપ્સ્ટન ફરે છે તેનાં ઉપરનું દબાણુ શોધો ?

૯. જે દાખલા ૮માં ધર્ષણુ વીગેરેને લીધે જોરનાં ૧૦ ટકા વ્યર્થ જાય તેા દોરડાં ઉપર કેટલું ખેંચાણુ આવશે ?

૧૦. વ્હીલ અને એકસલનાં વ્યાસનો સરવાળો ૩ ફુટ છે, અને સમતોલ કરેલું વજન લાગુ પાડેલાં જોરથી ૭ગાણું મોટું છે, તેા વ્હીલ અને એકસલની ત્રિજ્યા શોધો ?

૧૧. એક એનજીનની કેંક ૧૨ ઇંચ લાંબી છે અને ફ્લાઈ વ્હીલનો વ્યાસ ૮ ફુટ છે. કેંકપીન ઉપર કાર્ય કરતું સરેરાસ સ્પર્ધરેખાફ ચલાવનારું જોર ૨૪૦૦ પૈડ છે, તેા ફ્લાઈ વ્હીલની રીમ ઉપરથી સરેરાસ ચલાવનારું જોર કેટલું મેળવી શકાશે ? જે ફ્લાઈ વ્હીલને ૨ ફુટ વ્યાસનાં પીનીઅન સાથે ગીઅર કરવામાં આવે તેા પીનીઅનનાં ઘાંતા ઉપર સરેરાસ ચલાવનારું દબાણુ કેટલું આવશે ?

૧૨. જે દાખલા ૧૧માં એનજીન દર મીનીટે ૧૨૦ આંટા ફરે તેા (૧) દર આંટા દીઠ કેટલા એકમ કામ થશે ? (૨) એક મીનીટમાં કેટલું કામ થશે ? અને (૩) એનજીન કેટલા હોર્સપાવર કરશે ?

૧૩. એક વાઈન્ડીંગ એનજીન ૩ માઈલ ઉંડી ખાણમાંથી જે મીનીટમાં એક સરખી ઝડપે ૩ ટન વજનનો કોલસો ઉપાડી શકે છે. ધારો કે ધર્ષણુ, વીગેરેમાં કુલ કામનાં ૩૦ ટકા વ્યર્થ જાય તેા તે એનજીનનાં હોર્સપાવર શોધો ?

પ્રકરણ ૮મું

સુક્રી તથા ચીકણી કરેલી સપાટીનાં ધર્ષણ, ત્રેકશન.

ધર્ષણ (friction)—જો એક પદાર્થને બીજા પદાર્થ ઉપર મુકી ખસેડવાનો પ્રયત્ન કરવામાં આવે તો સામે નડતો અવરોધ તુરતજ માલમ પડશે. આ અવરોધને ધર્ષણ અથવા ધર્ષણનું જોર કહેવામાં આવે છે. ધર્ષણનું ખરૂં કારણ સંબંધમાં આવતી સપાટીનાં ખડખડાંપણાંને લીધે છે. ધર્ષણનું જોર હમેશાં પદાર્થની ગતિની દિશાથી ઉલટી દિશામાં કાર્ય કરે છે, અને ગતિને બંધ કરવાનું વલણ કરે છે, અથવા જો પદાર્થ સ્થાઈ સ્થિતિમાં હોય તો તેને ખસેડતાં અટકાવવાનું વલણ કરે છે. જો જોર વડે એક પદાર્થને બીજા પદાર્થ ઉપર દબાવવામાં આવે છે તે ઘટાડવામાં આવે તો ધર્ષણનું જોર ઓછું થશે. વળી સરતી સપાટીઓ જેમ વધુ લીસી હશે તેમ ધર્ષણ વધુ ઓછું થશે. તોપણ કોઈપણ જાણીતા ઉપાયો વડે ધર્ષણને કદીપણ સમૂળગું દુર કરી શકાતું નથી.

ધર્ષણનાં ગેરલાભ હોય છે તેમ લાભ પણ હોય છે. ઘણાક એનજીનીયરીંગ દાખલામાં ધર્ષણનાં જોરોને ઘટાડવાનાં પ્રયત્નો કરવામાં આવે છે, જ્યારે બીજા દાખલામાં સરકવું અટકાવવા માટે ધર્ષણની જરૂર હોય છે. દાખલા તરીકે, એનજીનો, શાફ્ટીંગ અને મશીનોની એરીંગોની બાબતમાં ધર્ષણ અને તેમ સૌથી ઓછામાં ઓછી હદ સુધી ઘટાડવાની એનજીનીયરની ફરજ હોય છે. વળી અમુક પુલીઓ, કલઓ, અને એવાજ બીજા ભાગો કે જેમાં ગતિનો સંચાર ધર્ષણની મદદ વડે

કરવાનો હોય તેની બાબદમાં અથવા ગતિમાં આવેલા પદાર્થો (જેવાકે ચાલતી ટ્રેન)ને બ્યારે સ્ટેશન નજદીક આવે ત્યારે ઝડપથી ઉભી રાખવાની બાબદમાં સૌથી વધમાં વધુ ધર્પણુ ઉત્પન્ન કરવાના ઉપાયો તેને યોજવા પડે છે. વળી જો ધર્પણુ ન હોય તો આપણે ચાલી શકીએ નહીં તેમજ રેલવે સ્ટેશન ઉપરથી ટ્રેનને ચલાવી શકાય નહીં અને તેને સાધારણ ઝડપે ઉભી રાખી શકાય નહીં. ખીલાઓ, સ્ક્રુ, ફાંચરો, પુલીને ચલાવનારા પટાઓ, વીગેરેના ઉપયોગ માટે પણ ધર્પણુની જરૂર હોય છે. એથી ઉલટું ધર્પણુ દુર કરવામાં મશીનરીમાં ધસારા અને ભાંગતૂટ સહિત શક્તિ (Power) વારંવાર નકામી વ્યર્થ જાય છે.

બ્યારે એક પદાર્થને જોર વડે ખસેડવાનો ચાલુ રાખવામાં આવે ત્યારે જોરનો એક ભાગ (અથવા કોઈક દાખલાઓમાં સઘળું જોર) ધર્પણુનો અવરોધ દુર કરવામાં ખર્ચ થાય છે. આ વ્યર્થ ગયલું કામ ધર્પણુનો અવરોધ કોઈ પણ અંતરેથી દુર કરવાનાં કાર્યમાં ઉણુતામાં રૂપાંતર થાય છે. દાખલા તરીકે—એક માણસ પોતાના હાથ અને પગની વચ્ચે ઉભાં દોરડાંને પકડી તે ઉપરથી નીચે સરે છે, તો ગુરૂત્વાકર્ષણનું જોર તેના હાથો તથા પગો અને દોરડાંની વચ્ચેનાં ધર્પણુનાં અવરોધને દુર કરી તેને નીચે ચલાવશે, પરીણામે મુખ્ય કરીને જો તે માણસ દોરડાં ઉપરથી નીચે જલદીથી સરશે તો તેના હાથો, પગો અને દોરડું સઘળાં સરખી રીતે ગરમ થશે. તેજ પ્રમાણે એક પુર ઝડપે દોડતી ટ્રેનને સ્ટેશન ઉપર ઉભી રાખવા માટે સ્ટેશન આવવાની પૂર્વે કેટલાક વાર આગળથી એનજીનનો સ્ટીમ વાલ્વ બંધ કરી તેને ધારેલી જગ્યાએ ઉભી રાખવા માટે એક લાગુ પાડવામાં આવે છે. હવે જો ટ્રેન ઉભી રહ્યા પછી તુરતજ તેનાં પૈડાં, એક, અને પાટાને હાથ લગાડી તપાસવામાં આવશે તો તે સઘળાં અતિશય ગરમ થયલાં માલમ પડશે, કારણકે દોડતી વેળા ટ્રેનનાં પૈડાંમાં જે ટુટ-પૈડ કામ એકદું થયલું હોય છે તેનો ખર્ચ એક વડે ઉત્પન્ન કરેલાં અતિશય

ધર્ષણનો અવરોધ દૂર કરવામાં થાય છે તેથી ત્રેન ઉભી રહે છે, પરિણામે આ કામનું ઉષ્ણતામાં રૂપાંતર થાય છે. ડો. બુલે પ્રયોગ ઉપરથી નક્કી કર્યું છે કે જો કામને ઉષ્ણતામાં રૂપાંતર કરવામાં આવે તો દરેક ૭૭૮ ફુટ-પૈંડ કામ ઉષ્ણતાનો એકમ (thermal unit) ઉત્પન્ન કરશે, અથવા એક પૈંડ પાણીનું ઉષ્મમાન (temperature) એક અંશ (degree) વધારી શકે એટલો ઉષ્ણતાનો જથ્થો ઉત્પન્ન કરશે.

જ્યારે પણ જો પદાર્થો પછી ગમે તો તેઓ નકર હોય અથવા પ્રવાહી હોય અને તેમને એક બીજા ઉપર ખસેડવામાં આવે તો ગતિને નડતો ધર્ષણનો અવરોધ માલમ પડશે. નીચે આપેલા નકર પદાર્થોનાં ધર્ષણ (solid friction)ના નિયમો સુકી અથવા સહેજ ચીકણી સપાટીઓ વચ્ચેનાં ધર્ષણ માટે અમુક હદો સુધી ખરા છે, પણ તેઓ પ્રવાહી પદાર્થોનાં ધર્ષણની બાબતમાં અથવા સારી રીતે તેલ વડે ચીકણી કરેલી (well lubricated) સપાટીઓ કે જોઓનો સમાવેશ પ્રવાહીનાં ધર્ષણ (fluid friction)માં થાય છે તેઓની વચ્ચેનાં ધર્ષણની બાબતમાં ખરા નથી.

નકર પદાર્થોનાં ધર્ષણ (solid friction)ના નિયમો:—

૧. ધર્ષણ સપાટીઓ વચ્ચેનાં દબાણ અથવા વજનનાં સમ પ્રમાણમાં છે.

૨. સંબંધમાં આવતી સપાટીનાં ક્ષેત્રફળથી ધર્ષણ સ્વતંત્ર છે, એટલે બીજા શબ્દોમાં કહીએ તો ક્ષેત્રફળનાં દર એકમ ઉપરનાં દબાણથી તે સ્વતંત્ર છે.

૩. ધર્ષણ સંબંધમાં આવતી સપાટીના સ્વભાવ (nature) સખત અથવા પોચી, અથવા ઘણી લીસી કરી શકાય અથવા ન કરી શકાય એવા પદાર્થની બનેલી) અને સ્થિતિ (લીસી અથવા ખડખડી) ઉપર આધાર રાખે છે,

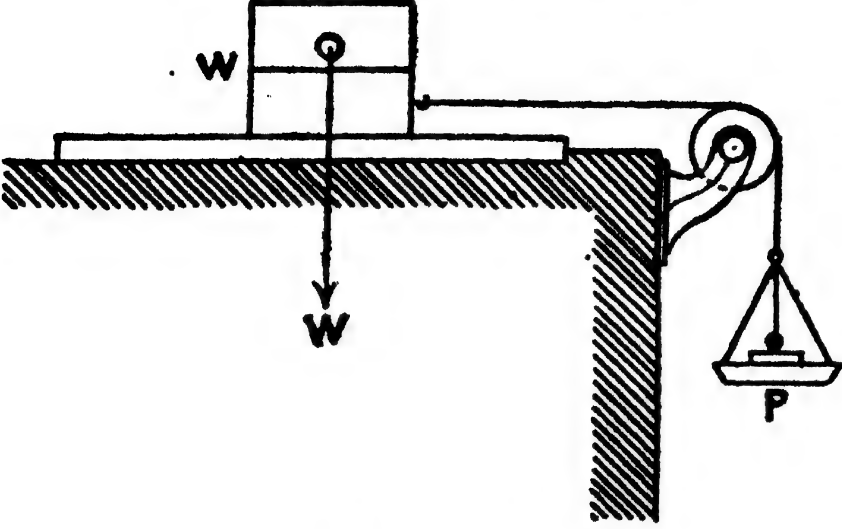
૪. સંબંધમાં આવતી સપાટીનાં ધસાવાની ગતિની ઝડપ, જે તે સાધારણ હોય એટલે દર સેકન્ડે ૧૦ ફુટની અંદર હોય તો, તેનાથી ધર્ષણ સ્વતંત્ર છે. પણ દર સેકન્ડે ૧૦ ફુટ ઉપરાંતની ઝડપે ધર્ષણ ધસાવાની ગતિની ઝડપ ઉપર આધાર રાખે છે, જેમ ઝડપ વધુ તેમ ધર્ષણ ઓછું અને ઝડપ ઓછી તેમ ધર્ષણ વધુ હોય છે.

૫. ગતિવાળી સપાટીઓ વચ્ચેનાં ધર્ષણ (kinetic friction) કરતાં સ્થાઈ સપાટીઓ વચ્ચેનું ધર્ષણ (static friction) વધુ હોય છે, એટલે ખીજા શબ્દોમાં કહીએ તો જ્યારે બે પદાર્થો સ્થાઈ સ્થિતિમાં (at rest) હોય ત્યારે એકનાં ઉપર ખીજાને ખસેડવા માટે નડતો ધર્ષણનો અવરોધ જ્યારે તે સપાટીઓ એક સરખી ગતિમાં આવે ત્યાર પછી નડતા ધર્ષણના અવરોધ કરતાં વધુ હોય છે.

પહેલા બે નિયમો સંકોચીત હટોની અંદર ખરા છે, કારણ કે દર ચોરસ ઈંચે આસરે ૧૨૦ પૌંડ કરતાં વધુ દબાણો માટે ધર્ષણ વજન કરતાં વધુ ઝડપે વધે છે. એટલે આ હદ કુદાવી જવામાં આવે તો ધર્ષણ વધુવાર ક્ષેત્રફળથી સ્વતંત્ર રહેતું નથી.

મધ્યમ દબાણે ધર્ષણનો પહેલો નિયમ સામેત કરવા માટે આકૃતિ ૧૦૫માં દેખાણ્યા પ્રમાણે એક ટેબલ ઉપર એક આડી સીધી સપાટી A મુકવામાં આવી છે, અને આ સપાટી ઉપર જે પદાર્થની તે સપાટી બનેલી છે તેજ પદાર્થનો સરી શકે એવો બ્લોક (Slider) મુકેલો છે, અને તે બ્લોક ઉપર તેજ પદાર્થનો ખીજો બ્લોક અથવા કોઈપણ વજન મુકવામાં આવ્યું છે. ધારો કે આ બન્ને બ્લોકનું વજન W છે, જેને નાની ગરગડી અને પાતળી દોરીની મદદ વડે ખસેડવામાં આવે છે. દોરીના છુટા છેડાએ એક નાનું ત્રાજવાનું પદકું બાંધેલું છે જેમાં મુકવામાં આવતાં વજન વડે ધર્ષણનો અવરોધ દુર કરવા માટે જોઈતું જોર P માપી શકાય છે. અહીંયાં સપાટી A અને બ્લોક Wની વચ્ચેનું ધર્ષણ P વડે દુર કરવામાં આવ્યું છે. જે સપાટી A

અને બ્લોક W લાકડું હોય, અને Wનું વજન ૧૦૦ પૌંડ હોય તો P લગભગ ૩૩ પૌંડ હશે. જો ૨૦૦ પૌંડ હોય તો P ૬૬ પૌંડ



આકૃતિ ૧૦૫

હશે, અને એ પ્રમાણે વધશે, અથવા ટુંકમાં કહીએ તો ધર્ષણનો અવરોધ અથવા P એ Wનાં પ્રમાણમાં છે.

કોએફિશન્ટ ઓફ ફ્રિકશન (**Coefficient of friction**) એટલે ધર્ષણનો ગુણક—ઉપર આપણે જોયું કે સપાટી A ઉપર Wને ખસેડવા માટે ધર્ષણનો અવરોધ દૂર કરવામાં જો P જોઈએ છે, તો અહીંયા $\frac{P}{W}$ એ “કોએફિશન્ટ ઓફ ફ્રિકશન” એટલે “ધર્ષણનો ગુણક” કહેવાય છે. સઘળી વ્યાખ્યામાં ધર્ષણનો અવરોધ એ વજનનો અપૂર્ણાંક છે. વળી આગલ દર્શાવ્યું તેમ જો બ્લોક W અને સપાટી A લાકડાંનાં હોય, અને બ્લોક Wનું કુલ વજન ૧૦૦ પૌંડ હોય તો P લગભગ ૩૩ પૌંડ છે, તો આ દાખલામાં $\frac{૩૩}{૧૦૦} = ૦.૩૩$ કોએફિશન્ટ ઓફ ફ્રિકશન એટલે ધર્ષણનો ગુણક છે. જો સપાટી A અને બ્લોક W ધાતુનાં હોત અને બન્ને સપાટીઓ કોરડી અથવા સુકી (dry) હોત તો ૧૦૦ પૌંડનાં વજન માટે ધર્ષણનો અવરોધ દૂર કરનારું જો P લગભગ ૧૭ પૌંડ જોઈશે,

અથવા આ બાબદમાં કોએફિશન્ટ ઓફ ફ્રીક્શન એટલે ધર્ષણનો ગુણક $\frac{૧૭}{૧૦૦} = ૦.૧૭$ થશે.

જુદા જુદા પદાર્થો માટે તેની સપાટીઓની સ્થિતિ મુજબ કોએફિશન્ટ ઓફ ફ્રીક્શન એટલે ધર્ષણના ગુણક જુદા જુદા હોય છે, જે નીચે પ્રમાણે છે:—

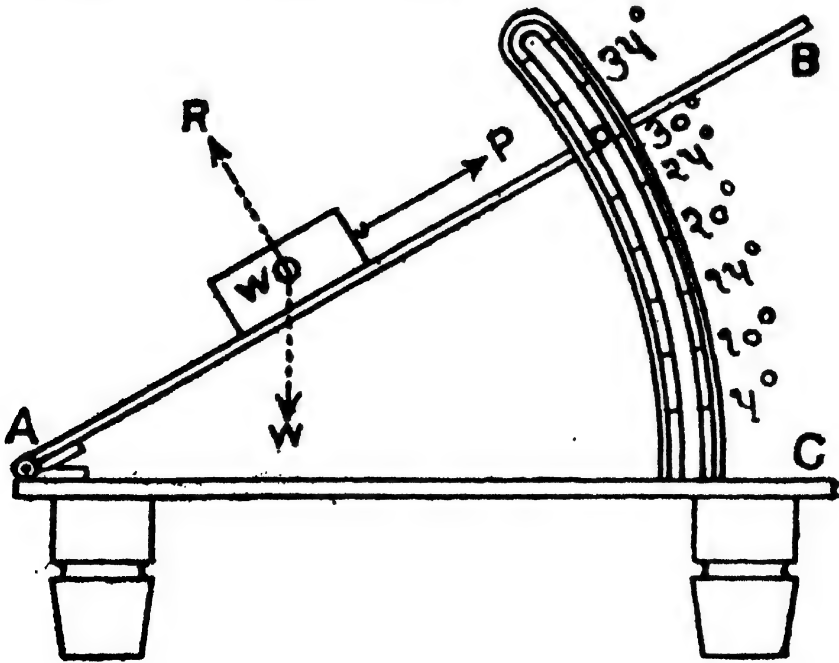
૧. તેલ લગાડી ચીકણી કરેલી (lubricated) ધાતુની સપાટી ઉપર ધાતુ સરે તો કોએફિશન્ટ ઓફ ફ્રીક્શન = ૦.૦૮ થી ૦.૧૨ છે.

૨. તેલ લગાડ્યા વિનાની કોરડી (unlubricated) ધાતુની સપાટી ઉપર ધાતુ સરે તો કોએફિશન્ટ ઓફ ફ્રીક્શન = ૦.૧૭ છે.

૩. લાકડાં ઉપર લાકડું સરે તો કોએફિશન્ટ ઓફ ફ્રીક્શન = ૦.૩૩ છે.

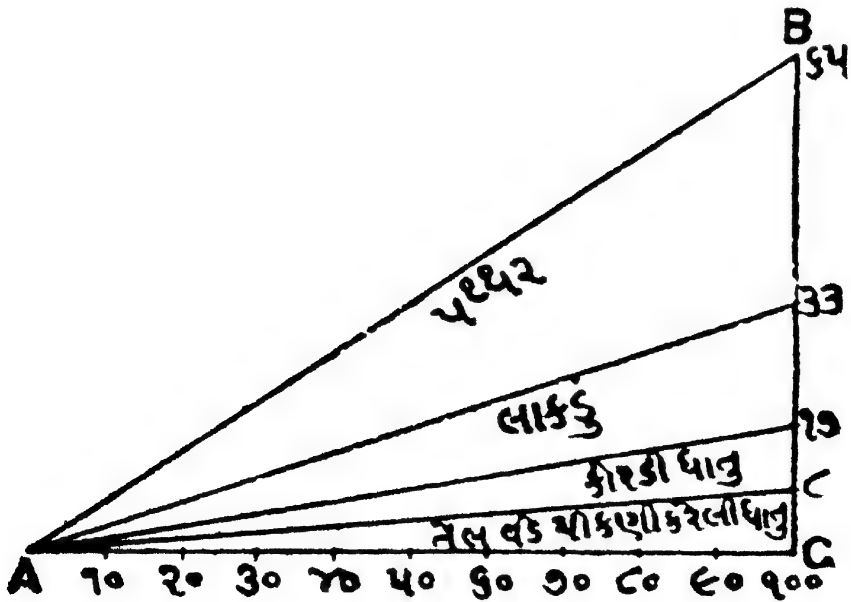
૪. પથ્થર ઉપર પથ્થર સરે તો કોએફિશન્ટ ઓફ ફ્રીક્શન = ૦.૬૫ છે.

એંગલ ઓફ રીપોઝ અથવા એંગલ ઓફ ફ્રીક્શન (angle of repose or angle of friction) એટલે વિશ્રામકોણ અથવા ધર્ષણનો ખૂણો—ધર્ષણનો પહેલો નિયમ આકૃતિ

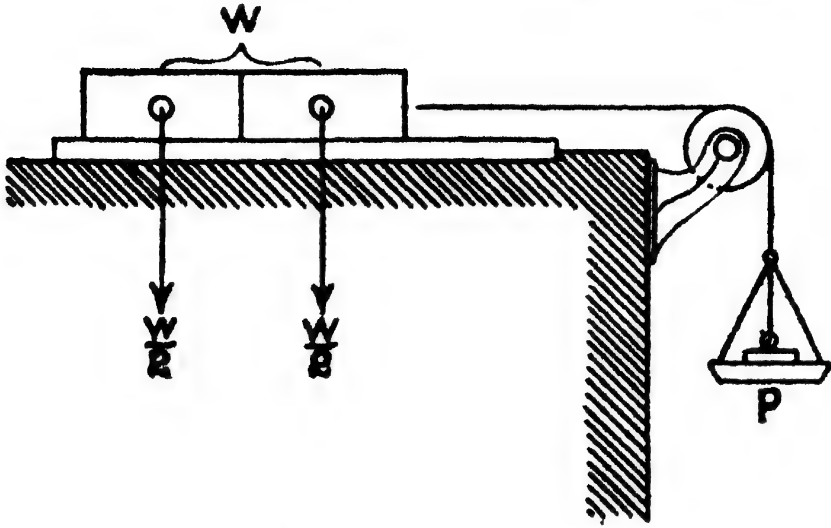


૧૦૬માં દેખાડ્યા જેવા સાહિત્ય (apparatus) વડે પણ સામેત કરી શકાય. એમાં સપાટી AB મીજગરાં A ઉપર એવે ખૂણે ઉંચકી શકાય છે કે જે જે વેળાએ આ ઢળતી સપાટી ઉપરથી તે ઉપર મુકેલો પદાર્થ માત્ર ગુરૂત્વાકર્ષણનાં કાર્યને લીધે નીચે ગમ્પડવાની તૈયારીમાં આવે છે; ત્યારે Wની મહત્વતા (magnitude) ગમે એટલી હશે તોપણ જે ખૂણે સરવાળી ક્રિયા થાય છે તે ખૂણો તેજ પદાર્થ માટે હમેશાં કાયમ રહેશે. આ ખૂણો “ ધર્ષણનો ખૂણો ” છે અને તેને વારંવાર “એંગલ એફ રીપોઝ” એટલે વિશ્રામકોણ કહેવામાં આવે છે.

આકૃતિ ૧૦૭માં જુદા જુદા પદાર્થોનાં એંગલ એફ રીપોઝ એટલે “વિશ્રામકોણ” અમુક સ્કેલ ઉપર આપેલા દર્શાવ્યા છે. એમાં લીટી AC કોઈપણ સ્કેલ ઉપર ૧૦૦ ભાગ જેટલી બનાવી છે, અને તે ભાગના ૮, ૧૭, ૩૩, અને ૬૫ ભાગો લીટી BC ઉપર મુક્યા છે. આખિંદુઓ સીધી લીટીઓ વડે A સાથે જોડવાથી જુદા જુદા પદાર્થો માટેના “ એંગલ એફ રીપોઝ ” મળે છે.



બીજો નિયમ દર્શાવવા માટે આકૃતિ ૧૦૫માં આપેલા ઉપલા બ્લોકને નીચલા બ્લોકની પાસે આકૃતિ ૧૦૮માં દેખાણ પ્રમાણે મુકવામાં આવે, તો તેનો સપાટીનું ક્ષેત્રફળ પહેલાં કરતાં બમણું થશે, અને વજન W તેજ કાયમ રહેશે. આ વેળા જણાશે કે ધર્ષણનો અવરોધ



આકૃતિ ૧૦૮

દૂર કરવા માટે જોઈતું જોર P તેજ કાયમ રહ્યું છે. આ ઉપરથી માલમ પડશે કે અમુક પદાર્થનાં અમુક વજનની સપાટીનું ક્ષેત્રફળ ગમે એટલું મોટું અથવા નાનું હોય તોપણ તે પદાર્થનાં તે વજન માટે ધર્ષણના અવરોધમાં કશો પણ ફેરફાર થશે નહીં, એટલે બીજા શબ્દોમાં કહીએ તો સંબંધમાં આવતી સપાટીનાં ક્ષેત્રફળથી ધર્ષણ સ્વતંત્ર છે.

પ્રવાહી પદાર્થોનાં ધર્ષણ (Fluid friction)—ફ્લ્યુડ ફ્રિક્શન એટલે પ્રવાહીનું ધર્ષણ એ અવરોધ છે કે જે જ્યારે એક નક્કર પદાર્થ (solid) પ્રવાહીમાંથી ચાલે છે (અથવા ખસે છે), અથવા એક પ્રવાહી એક નક્કર પદાર્થની સપાટી ઉપરથી ચાલે છે ત્યારે માલમ પડે છે. નક્કર પદાર્થોની સુકી સપાટીનાં ધર્ષણ (solid friction) માટેના નિયમોથી પ્રવાહી પદાર્થોનાં ધર્ષણ (fluid friction) ના નિયમો ઘણે ભાગે જુદા પડે છે. પ્રવાહી, જેવાંકે પાણી અને તેલો માટેના નિયમો પ્રયોગો ઉપરથી નીચે પ્રમાણે ઉપજાવવામાં આવ્યા છે:—

૧. જે હદે સપાટી પ્રવાહી વડે ભીંજાયલી હોય તે હદનાં પ્રમાણમાં ધર્પણ હોય છે.

૨. જે પદાર્થના પરિસીમા (boundry) બનેલી હોય તે પદાર્થથી અને તેની સપાટીથી ધર્પણ સ્વતંત્ર છે, સિવાય કે તે સપાટી ઘણી ખડખડાડી ન હોય.

૩. જે દબાણને પ્રવાહી આધિન હોય તે દબાણથી ધર્પણ સ્વતંત્ર છે.

૪. પ્રવાહીનાં ઉષ્મમાન (temperature)ના વધારા સાથે ધર્પણમાં ઘટાડો થાય છે.

૫. ધીમી ઝડપે ધર્પણ ઘણુંજ ઓછું હોય છે.

૬. અમુક ઝડપથી ઓછી ઝડપે ધર્પણ ઝડપનાં પ્રમાણમાં છે, પણ તે અમુક ઝડપની ઉપરાંતની ઝડપોએ ધર્પણ લગભગ તે ઝડપનાં વર્ગનાં પ્રમાણમાં છે. આ અમુક ઝડપ વપરાયલાં પ્રવાહી અને તેનાં ઉષ્મમાન (temperature) ઉપર આધાર રાખે છે.

જે પ્રવાહીઓ ખીંજ પ્રવાહીઓ કરતાં વધારે સહેલાઈથી વહે છે અથવા પોતાના આકાર બદલે છે તેને ઓછા ચીકણવાળા (less viscous) કહેવામાં આવે છે, અથવા ઓછો ચીકણનો ગુણ (less viscosity) ધરાવનારા કહેવામાં આવે છે.

સાધારણ ઝેરીગો માટે ધર્પણના નિયમો પ્રવાહી માટેના અને સુકી સપાટીઓ માટેના ધર્પણના નિયમોની અધવચ્ચે આવે છે. જે ઝેરીગો તેલમાં નીરંતર ડુબેલી રહે છે તેવી ઝેરીગોમાં ધર્પણના નિયમો પ્રવાહીના ધર્પણના નિયમોને મળતાજ માલમ પડ્યા છે, જ્યારે ખીંજ ઝેરીગોમાં ધર્પણના અવરોધ ઝેરીગમાં તેલને બરાબર રીતે જે હદે ફત્તેહમંદી સાથે પહોંચાડી શકાય તે ઉપર, અને તેલનું પાતળું પડ (film) તેમાં જળવી શકાય તે ઉપર આધાર રાખતા જણાયા છે.

બેરીંગને ચીકાશવાળી બનાવવા વિષે (Lubrication)—બેરીંગને ચીકાશવાળી બનાવનારા પદાર્થો (lubricants લ્યુબ્રીકન્ટસ), જેવા કે, ચરખી, ગ્રીસ, સોફ્ટ સોપ, અને ઘણી જાતનાં તેલો બેરીંગોમાં ધર્પણુ ઓછું કરવા માટે વપરાય છે. લ્યુબ્રીકન્ટની ઉમદા જાત અને જુદી જુદી બેરીંગો માટે તેનો જોઈતો અસર જથ્થો નક્કી કરવા માટે ચાતુરી અને અનુભવની જરૂર હોય છે. લ્યુબ્રીકેશન (lubrication એટલે બેરીંગને ચીકાશવાળી બનાવવી તે) અને લ્યુબ્રીકન્ટસ ઉપર એનજીનીયરે ઘણું ધ્યાન આપવું જોઈએ. કારણ કે સઘળાં મશીનોની જીંદગીની લંબાઈ અને સંતોશકારક કાર્ય માટે ભાગે કાર્યસાધક લ્યુબ્રીકેશન ઉપર આધાર રાખે છે. જ્યાં ઘણાંજ ભારે દબાણો અને ઉંચકડપો હોય છે, જેવાં કે, ઇલેક્ટ્રીક મશીનરી, ત્યાં સૌથી સરસ જાતનું તેલ વાપરવાથી અને તે તેલને એક ફેર્સ પમ્પની મદદ વડે એક સામાન્ય મધ્યમાંથી આખી બેરીંગને ફરતે દબાણ સાથે ફેલાવવાથી તેના ખર્ચનો ખદ્દો સારી રીતે મળી રહે છે. આ રીતે તેલ ચાલુ પ્રવાહમાં બેરીંગોમાંથી થઈ તેને ગાળનારી ટાંકી (filtering tank)માં વહે છે, કે જે ટાંકીમાંથી કશા પણ ફેરફાર અથવા જથ્થામાં મોટા ઘટાડા વિના મહીનાઓ સુધી ફરી ફરીને બેરીંગોમાં મોકલવામાં આવે છે. આ તેલ આપવાની રૂઠી ખીણ તેલ આપવાની રૂઠીઓ કરતાં ઉત્તમ છે, કારણ કે આ રૂઠીમાં આખી બેરીંગ જાણે તેલમાં ધુમેલી હોય તેમ રહે છે.

ગમડતાં બહીલ અથવા રોલરનું ધર્પણુ (રોલિંગ ફ્રીક્શન)—ભારે વજનો જેવાં કે ભારે સાંચાકામની પેટીઓ, લોખંડના મોટા ભારવટ્ટીઆ, ખોયત્તર, એનજીન, વીગેરે એક જગ્યાએથી ખીણ જગ્યાએ ખસેડવાં હોય ત્યારે તેમને રોલર્સ (ગોળ શાફ્ટીંગનાં ટુકડાઓ) ઉપર મુકી ખસેડવામાં આવે તો ધર્પણુનો અવરોધ ઘણે અંશે ઘટાડી શકાય છે, જેથી રોલર્સ વિના સાધારણ રીતે ખસેડવામાં જે જોર લાગુ

પાડવું પડે તેના કરતાં રોલર્સ ઉપર ખસેડવામાં ધણું ઓછું જોર જોઈએ છે. આ ઉપરથી માલમ પડશે કે સપાટીઓ વચ્ચેનાં સરકવાનાં સંબંધ (sliding contact)થી જે ધર્પણ ઉત્પન્ન થાય છે તેનાં કરતાં સપાટીઓ વચ્ચેનાં ગબડવાનાં સંબંધ (rolling contact)થી ધણુંજ ઓછું ધર્પણ ઉત્પન્ન થાય છે. બેરીંગોમાં ધર્પણ જેમ અને તેમ ઓછું કરવા માટે ગબડવાનાં સંબંધ (rolling contact) નો ઉપયોગ કરવામાં આવ્યો છે. પરિણામે રોલર બેરીંગ અને બૉલ બેરીંગ યોજવામાં આવી છે. ગબડવાનો સંબંધ (રોલિંગ કોન્ટેક્ટ) કાર્યસાધક બનાવવા માટે ગબડતી સપાટીઓ ઘણીજ સખત અને લીસી બનાવવી જોઈએ કે જેથી લાગુ પાડેલાં વજન અથવા જોરને લીધે સપાટી દબાઈને બેસી જઈ ખાંચ પડી જાય નહીં. આ કારણને લીધે રોલર અને બૉલ બેરીંગોમાં જર્નલ (journal = બેરીંગમાં ફરતો શાફ્ટનો ભાગ)ની ઉપર સખત કરેલા પોલાદનું પડ ચઢાવવામાં આવે છે, અને રોલર્સ તથા બૉલ્સ પણ સખત પોલાદનાં બનાવવામાં આવે છે.

ધર્પણનો અવરોધ દુર કરવામાં થતું કામ—ઉપર આપણે શીખી ગયા તે ઉપરથી માલમ પડશે કે જે એક પદાર્થ આડી સપાટી ઉપર ખસેડવામાં આવે તો જે અવરોધ તેને દુર કરવાનો છે તે, તે પદાર્થ અને સપાટી વચ્ચેનાં ધર્પણને લીધે છે. જે એમ વ્યવસ્થા કરવાનું શક્ય હોય કે પદાર્થ કાંઈપણ અવરોધ દુર કર્યા સિવાય ખસેડી શકાય, એટલે બીજા શબ્દોમાં કહીએ તો જે ધર્પણ નાબુદ કરી શકાય તો સપાટી ઉપર પદાર્થ ખસેડતાં કશું પણ કામ થશે નહીં, કારણકે કામ કરવા માટે જોઈતા અંકપદો (factors) પૈકી એક, જેવો કે દુર કરવાના અવરોધ, ને ઘટાડી સૂન્ય કરવામાં આવ્યો છે. તોપણ ધર્પણનો આ અવરોધ નાબુદ કરવો અશક્ય છે, અને થયલું કામ તે અવરોધ અને જે અંતરેથી પદાર્થ ખસેડવામાં આવે છે તેનાં પ્રમાણમાં છે. દાખલા તરીકે આકૃતિ ૧૦૫માં W વજન છે, અને તે

વજન તથા સપાટી વચ્ચેનું ઘર્ષણ P વડે દુર કરી શકાય છે, જેથી અમુક અંતર S સુધી W ખસી શકે છે, અને Pની ગતિ Wનાં જેટલીજ થશે, ત્યારે થયલું કામ $P \times S$ ફુટ-પૌંડ જેટલું થશે.

દાખલો ૧—૧૫ હંડ્રેડવેટનું વજન ૨ માઇલ લાંબી એક આડી સપાટ સપાટી ઉપર ખસેડતાં કેટલું કામ થશે? કોએફીશન્ટ ઓફ ફ્રીક્શન એટલે ઘર્ષણનો ગુણક .૦૪ છે.

ઘર્ષણને લીધે નડતો કુલ અવરોધ = $\frac{૧૫ \times ૧૧૨ \times ૪}{૧૦૦} = ૬૭.૨$ પૌંડ

$$\begin{aligned} \text{થયલું કામ} &= ૬૭.૨ \times ૨ \times ૫૨૮૦ \\ &= \underline{\underline{૭૦૯૬૩૨ \text{ ફુટ-પૌંડ}}} \end{aligned}$$

દાખલો ૨—૭૫ પૌંડનાં આડી દિશાનાં જોર વડે આડી સપાટી ઉપર ટેકવેલાં ૪ હંડ્રેડવેટનાં વજનને ઘર્ષણની સામે ખસેડી શકાય છે, તો કોએફીશન્ટ ઓફ ફ્રીક્શન એટલે ઘર્ષણનો ગુણક કેટલો હશે?

$$\begin{aligned} \text{કોએફીશન્ટ ઓફ ફ્રીક્શન} &= \frac{P}{W} = \frac{૭૫}{૪ \times ૧૧૨} \\ &= \underline{\underline{.૧૬૭}} \end{aligned}$$

ખેંચવાનું જોર (Tractive force)—જ્યારે સપાટ લોઢાંની સડક (rail) ઉપર એક લોકોમોટીવ ખેંચવામાં આવે છે ત્યારે જે અવરોધ દુર કરવાનાં હોય છે તે પૈકીનો એક અવરોધ ઘર્ષણને લીધે હોય છે, અને તે ઘણું કરીને દર ટન દીઠ ૪ પૌંડથી ૮ પૌંડ લેવામાં આવે છે, અથવા ખીજા શબ્દોમાં કહીએ તો વજનનાં ચર્દેઠ થી ફટ્ટેઠ જેટલો ગણવામાં આવે છે. એક ગાડું રસ્તા ઉપર ખસેડવામાં વજનનાં પ્રમાણમાં જોર લાગુ પાડવાની જરૂર છે કે જે જોર રસ્તાની સ્થિતિ ઉપર આધાર રાખે છે. ત્રામની લોઢાંની સડક (tramway) ઉપર જોઈતું ખેંચાણ દર ટન દીઠ ૧૪ પૌંડ છે, એટલે કે વજનનાં ચર્દેઠ હોય છે. ફરસખંદી કરેલા રસ્તા (paved road) ઉપર

ધર્ષણનો અવરોધ દુર કરવામાં થતું કામ ૧૯૩

દર ટન દીઠ ૩૩ પૌંડ અથવા વળનનાં ઢૂંટ હોય છે. પાકી સડક (macadamized road) ઉપર દર ટન દીઠ ૪૫ પૌંડથી ૬૭ પૌંડ અથવા વળનનાં ઢૂંટ થી ઢૂંટ હોય છે, અને ગઢેડ એટલે કાચા રસ્તા (gravel road) ઉપર દર ટન દીઠ ૧૫૦ પૌંડ અથવા વળનનાં ઢૂંટ ખેંચાણુ જોઈએ છે.

કોઈપણ જાતના રસ્તા ઉપર ખસેડવામાં આવતાં વળનની બાબતમાં દુર કરવામાં આવતા અવરોધને વારંવાર “ત્રેક્શન” (traction) કહેવામાં આવે છે.

જુદી જુદી જાતના રસ્તાઓ ઉપર દર ટન દીઠ આવતો અવરોધ અથવા ત્રેક્શન પૌંડમાં નીચે પ્રમાણુ છે:—

રસ્તાનું નામ	ત્રેક્શન દર ટન દીઠ પૌંડમાં	કોએશીશન્ટ ઓફ ત્રેક્શન
રેલવે (આગગાડીની લોઢાંની સડક)	૪ થી ૮	$\frac{૧}{૫૦}$ થી $\frac{૧}{૨૦}$
ત્રામવે (ત્રામની લોઢાંની સડક)	૧૪	$\frac{૧}{૫૦}$
પેવરોડ (ફરસખંધી કરેલા રસ્તા)	૩૩	$\frac{૧}{૬૦}$
મેકેદમરોડ (પાકી સડક)	૪૫ થી ૬૭	$\frac{૧}{૫૦}$ થી $\frac{૧}{૩૦}$
ગ્રેવલ રોડ (ગઢેડ અથવા કાચી સડક)	૧૫૦	$\frac{૧}{૧૫}$

દાખલો ૨—એક ત્રામ દર કલાકે ૮ માઈલની ઝડપે દોડે છે, તો દર સેકન્ડે અને દર મીનીટે તે ત્રામની ઝડપ શોધો.

$$\text{દર કલાકે ઝડપ} = ૮ \times ૫૨૮૦ \text{ યુટ}$$

$$\text{દર મીનીટે ઝડપ} = \frac{૮ \times ૫૨૮૦}{૬૦} = \underline{૭૦૪ \text{ યુટ}}$$

$$\text{દર સેકન્ડે ઝડપ} = \frac{૭૦૪}{૬૦} = ૧૧.૭૩ \text{ યુટ.}$$

દાખલો ૪—એક એક્સપ્રેસ ત્રેન દર કલાકે ૪૦ માઈલની ઝડપે દોડે છે. ત્રેનનું કુલ વળન ૧૫૦ ટન છે, અને તે ઉપરનું સરેરાસ ખેંચાણુ દર ટન દીઠ ૧૨ પૌંડ છે, તો ખર્ચ થતા હોર્સપાવર.

શોધો. આ પાવર એન્જીનનાં કુલ ઇન્ડીકેટેડ પાવરનાં માત્ર ૪૦ ટકા છે તો ઇન્ડીકેટેડ હોર્સપાવર શોધો ?

$$\begin{aligned} \text{એક મીનીટમાં પસાર થતું અંતર} &= \frac{૪૦ \times ૫૨૮૦}{૬૦} \\ &= ૩૫૨૦ \text{ ફુટ} \end{aligned}$$

કરવામાં આવતું કુલ ખેંચાણ = ૧૨ × ૧૫૦ = ૧૮૦૦ પૈંડ
એક મીનીટમાં થતું કામ = ૧૮૦૦ × ૩૫૨૦ ફુટ-પૈંડ.

$$\therefore \text{હોર્સપાવર} = \frac{૧૮૦૦ \times ૩૫૨૦}{૩૩૦૦૦} = \underline{\underline{૧૯૨ \text{ H. P.}}}$$

$$\text{ઇન્ડીકેટેડ હોર્સપાવર} = \frac{૧૯૨ \times ૧૦૦}{૪૦} = \underline{\underline{૪૮૦ \text{ H. P.}}}$$

દાખલો ૫—૩૦ ટનનાં વજનનું એક લોકોમોટીવ એન્જીન પોતાની પાછળ ૩૭૦ ટનનાં વજનની ત્રેનને ખેંચે છે. એન્જીનનાં ડ્રાઇવિંગ વ્હીલનો વ્યાસ ૮ ફુટ છે, અને તે દર મીનીટે ૨૪૦ આંટા ફરે છે. ત્રેકશન દર ટન દીઠ ૮ પૈંડ છે તો તે એન્જીનનાં હોર્સપાવર શોધો ?

ડ્રાઇવિંગ વ્હીલનાં એક આંટામાં એન્જીન વડે પસાર થતું અંતર = ડ્રાઇવિંગ વ્હીલનો પરિઘ

$$= ૮ \times ૩.૧૪૧૬ \text{ ફુટ}$$

$$\therefore \text{એક મીનીટમાં પસાર થતું અંતર} = ૮ \times ૩.૧૪૧૬ \times ૨૪૦ \text{ ફુટ.}$$

$$\text{કુલ વજન} = ૩૦ + ૩૭૦ = ૪૦૦ \text{ ટન}$$

$$\text{ખેંચાણને નડતો કુલ અવરોધ} = ૮ \times ૪૦૦ = ૩૨૦૦ \text{ પૈંડ.}$$

$$\therefore \text{હોર્સપાવર} = \frac{૩૨૦૦ \times ૮ \times ૩.૧૪૧૬ \times ૨૪૦}{૩૩૦૦૦}$$

$$= \underline{\underline{૫૮૪.૯ \text{ H. P.}}}$$

દાખલો ૬—એક નાનાં પ્લેનીંગ મશીનમાં ટેપલનું વજન એક હંડ્રેડવેટ છે, અને તે દર મીનીટે ૬ અગલા (forward) અને

ધર્પણનો અવરોધ દુર કરવામાં થતું કામ ૧૮૫

૬ પાછલા (backward) સ્ટ્રોક કરે છે. સ્ટ્રોકની લંબાઈ ૪૩ ફુટ છે, અને સ્લાઈડ તથા ટેબલની સરતી સપાટીઓ વચ્ચેનો કોએફિશન્ટ ઓફ ફ્રિક્શન ૦.૭ છે, તો ટેબલને ચલાવતાં એક મીનીટમાં કેટલું કામ થશે ?

$$\text{એક મીનીટમાં થતા સ્ટ્રોકની સંખ્યા} = ૬ + ૬ = ૧૨$$

$$\begin{aligned} \text{એક મીનીટમાં પસાર થતું અંતર} &= ૪.૫ \times ૧૨ \\ &= ૫૪ \text{ ફુટ} \end{aligned}$$

$$\text{ટેબલને ચલાવતાં ધર્પણનો અવરોધ} = \frac{૧૧૨ \times ૭}{૧૦૦} \text{ પૌંડ.}$$

$$\begin{aligned} \therefore \text{એક મીનીટમાં થતું કામ} &= \frac{૧૧૨ \times ૭ \times ૫૪}{૧૦૦} \\ &= \underline{\underline{૪૨૩.૩૬ \text{ ફુટ-પૌંડ.}}} \end{aligned}$$

દાખલો ૭—એક સ્ટીમ એન્જીનના સ્લાઈડ વાલ્વની કાર્ય કરતી સરતી સપાટીનું માપ ૮ ફી ઈંચ \times ૧૫ ઈંચ છે, અને તેની ચાલ ૪ ઈંચ છે. વાલ્વની પીઠ ઉપર પડતું વરાળનું દબાણ દર ચોરસ ઈંચે ૧૨૦ પૌંડ છે. જો કોએફિશન્ટ ઓફ ફ્રિક્શન ૦-૧ લેાય, તો વાલ્વને ચલાવવા માટે જોઈતું જોર શોધો; અને વળી જ્યારે એન્જીન દર મીનીટે ૬૦ આંટા ફરે ત્યારે વાલ્વને ચલાવવામાં કેટલા હોર્સપાવર અર્થ થતા હશે ?

$$\text{સરતી સપાટીનું ક્ષેત્રફળ} = ૮.૫ \times ૧૫ = ૧૨૭.૫ \text{ ચો. ઈંચ.}$$

$$\begin{aligned} \text{વાલ્વ ઉપર પડતું કુલ દબાણ} &= ૧૨૦ \times ૧૨૭.૫ \\ &= ૧૫૩૦૦ \text{ પૌંડ.} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{વાલ્વને ચલાવવા માટે જોઈતું જોર} &= \frac{૧૫૩૦૦ \times ૧}{૧૦} \\ &= \underline{\underline{૧૫૩૦ \text{ પૌંડ.}}} \end{aligned}$$

$$\text{એન્જીનના એક સ્ટ્રોકમાં વાલ્વ વડે પસાર થતું અંતર} = ૪ \text{ ઈંચ}$$

$$\begin{aligned}\text{એક મીનીટમાં પસાર થતું અંતર} &= \frac{૪ \times ૬૦ \times ૨}{૧૨} \text{ ફુટ.} \\ &= ૪૦ \text{ ફુટ.}\end{aligned}$$

$$\therefore \text{હોર્સપાવર} = \frac{૧૫૩૦ \times ૪૦}{૩૩૦૦૦} = \underline{\underline{૧.૮૫ \text{ H.P}}}$$

દાખલો ૮—૬૦ હોર્સપાવરનું એક લોકોમોટીવ એન્જીન ૧૪૦ ટનનાં વજનની એક ત્રેનને ખેંચી જાય છે. એન્જીનનું પોતાનું વજન ૨૫ ટન છે, અને અવરોધ દર ટન દીઠ ૮ પૈડા છે, તો તે એન્જીનની ઝડપ દર કલાકે કેટલા માઈલ હશે ?

$$\text{કુલ વજન} = ૧૪૦ + ૨૫ = ૧૬૫ \text{ ટન}$$

$$\text{કુલ અવરોધ} = ૧૬૫ \times ૮ = ૧૩૨૦ \text{ પૈડા.}$$

$$\text{હોર્સપાવર} \times ૩૩૦૦૦ = \text{કુલ અવરોધ} \times \text{એક મીનીટમાં અંતર}$$

$$\therefore \text{એક મીનીટમાં અંતર} = \frac{\text{હોર્સપાવર} \times ૩૩૦૦૦}{\text{કુલ અવરોધ}}$$

$$= \frac{૬૦ \times ૩૩૦૦૦}{૧૩૨૦}$$

$$= ૧૫૦૦ \text{ ફુટ}$$

$$\text{દર કલાકે ઝડપ માઈલમાં} = \frac{૧૫૦૦ \times ૬૦}{૫૨૮૦}$$

$$= \underline{\underline{૧૭.૦૪ \text{ માઈલ.}}}$$

દાખલો ૯—૪ ઈંચ વ્યાસની એક શાફ્ટ દર મીનીટે ૩૦૦ આંટા ફેરે છે. જો તે ઉપરનું કુલ વજન અથવા જોર ૧ $\frac{૧}{૨}$ ટન હોય અને કોએરીશન્ટ એફ ક્રીકશન ૦.૦૨૫ હોય તો તે શાફ્ટને ચલાવતાં બેરીંગમાંનાં ધર્ષણને લીધે કેટલા હોર્સપાવર ખર્ચ થશે, અને વળી દર મીનીટે બેરીંગમાં ઉત્પન્ન થતી ઉષ્ણતા શોધો.

$$\text{કુલ વજન (લોડ)} = ૧.૫ \times ૨૨૪૦ = ૩૩૬૦ \text{ પૈડા.}$$

$$\text{ધર્ષણનો અવરોધ} = ૦.૦૨૫ \times ૩૩૬૦ = ૮૪ \text{ પૈડા.}$$

ધર્ષણનો અવરોધ દુર કરવામાં થતું કામ ૧૯૭

$$\text{એક મીનીટમાં શાફ્ટની ઝડપ} = \frac{૪ \times ૩.૧૪૧૬ \times ૩૦૦}{૧૨} = ૩૧૪.૧૬ \text{ ફુટ.}$$

$$\therefore \text{એક મીનીટમાં ખર્ચ થતું કામ} = ૮૪ \times ૩૧૪.૧૬ = ૨૬૩૮૯.૪૪ \text{ ફુટ-પૈંડ.}$$

$$\text{હોર્સપાવર} = \frac{૨૬૩૮૯.૪૪}{૩૩૦૦૦} = \underline{.૮ \text{ H. P.}}$$

$$\text{દર મીનીટે ઉત્પન્ન થતી ઉષ્ણતા} = \frac{૨૬૩૮૯.૪૪}{૭૭૮} = \underline{૩૩.૯ \text{ B. T. U.}}$$

દાખલો ૧૦—૩૨ હોર્સપાવરનું એક ત્રેક્શન એન્જીન દર કલાકે ૩૦ માઈલની ઝડપે પોતાની પાછળ જોડેલાં વજનને ખેંચી જાય છે. ત્રેક્શન એન્જીને અવરોધ દર ટને ૨૦ પૈંડ છે, અને તે એન્જીનનું પોતાનું વજન ૬ ટન છે, તો તે પોતાની પાછળ કેટલા ટન વજન ખેંચી જતું હશે તે શોધો.

$$\begin{aligned} \text{કુલ વજન} &= W + ૬ \text{ ટન} \\ \text{કુલ અવરોધ} &= ૨૦ (W + ૬) \text{ પૈંડ} \end{aligned}$$

$$\text{એક મીનીટમાં અંતર} = \frac{૩૦ \times ૫૨૮૦}{૬૦} = ૨૬૪૦ \text{ ફુટ.}$$

$$\text{એક મીનીટમાં થતું કામ} = ૨૦ (W + ૬) \times ૨૬૪૦ \text{ ફુટ-પૈંડ.}$$

$$\therefore ૨૦ (W + ૬) \times ૨૬૪૦ = ૩૨ \times ૩૩૦૦૦$$

$$\therefore W + ૬ = \frac{૩૨ \times ૩૩૦૦૦}{૨૦ \times ૨૬૪૦}$$

$$\therefore W + ૬ = ૨૦$$

$$\therefore W = ૨૦ - ૬$$

$$= \underline{૧૪ \text{ ટન}}$$

એકસર્સાઈઝ ૯મી.

૧. એક બળદની જોડી દર કલાકે ૪ માઈલની ઝડપે દોડી ૧૦ હંડ્રેડવેટનાં ભારવાળું એક ગાડું પાકી સડક ઉપરથી ખેંચી જાય છે. જો ત્રેક્શન દર ટન દીઠ ૫૦ પૈંડ હોય તો એક મીનીટમાં કેટલું કામ થશે ?

૨. “કોએરીશન્ટ ઓફ ફ્રીક્શન” અથવા “ઘર્ષણનો ગુણક” એટલે શું? આડી સપાટી ઉપર ટેકવેક્સાં ૫ હંડ્રેડવેટનાં વજનને ઘર્ષણની સામે ખસેડવા માટે ૧૦૦ પૌંડનું આડી દિશાનું જોર જોઈએ છે, તો કોએરીશન્ટ ઓફ ફ્રીક્શન કેટલો હશે ?

૩. ૨ ટનની એક મોટરકાર દર કલાકે ૧૫ માઈલની ઝડપે સપાટ સડક ઉપર દોડે છે. અવરોધ દર ટન દીઠ ૪૫ પૌંડ છે, તો તે મોટરકારનાં હોર્સપાવર શોધો ?

૪. એક લોકોમોટીવ એન્જીન પોતાની પાછળ ૨૫૦ ટનનાં વજનની એક ત્રેનને દર કલાકે ૩૦ માઈલની ઝડપે ખેંચી જાય છે. ખેંચાણને નડતો અવરોધ દર ટન દીઠ ૮ પૌંડ છે, અને એન્જીનનું પોતાનું વજન ૩૨ ટન છે, તો એન્જીનનાં હોર્સપાવર શોધો ?

૫. એક ત્રેન કે જેનું વજન ૧૫૦ ટન છે તે દર મીનીટે $\frac{1}{2}$ માઈલની ઝડપે દોડે છે. ઘર્ષણનો અવરોધ ત્રેનનાં વજનનાં દર ટન દીઠ ૧૨ પૌંડ છે, તો ત્રેનને ખેંચવા માટેનું જોર શોધો, અને વળી એન્જીનનાં હોર્સપાવર શોધો ?

૬. એક લોકોમોટીવનું વજન ૪૦ ટન છે, અને આ વજનનો જે ભાગ ડ્રાઈવીંગ વ્હીલને ફાળે ઉપાડવા માટે આવે છે તે ૧૫ ટન છે. જે પૌંડાં અને પાટા વચ્ચેનો કોએરીશન્ટ ઓફ ફ્રીક્શન ૦.૨ હોય, અને જોઈતો કોએરીશન્ટ ઓફ ત્રેક્શન ત્રેનનાં વજનનાં દર ટન દીઠ ૧૨ પૌંડ હોય તો તે એન્જીન સપાટ સડક ઉપર કુલ કેટલું વજન ખેંચી જશે.

૭. ૬ ઈંચ વ્યાસની એક શાફ્ટ દર મીનીટે ૯૦ આંટા ફરે છે. તે ઉપરનું વજન (લોડ) ૪ ટન છે, અને બેરીંગમાં કોએરીશન્ટ ઓફ ફ્રીક્શન ૦.૨ છે, તો શાફ્ટ અને બેરીંગ વચ્ચેનું ઘર્ષણ દુર કરવામાં કેટલા હોર્સપાવરનો ખર્ચ થશે ? અને વળી દર મીનીટે બેરીંગમાં કેટલી ઉષ્ણતા ઉત્પન્ન થશે ?

૮. ૧૨૦ હોર્સપાવરનું એક લોકોમોટીવ એન્જીન પોતાની પાછળ જોડેલી ૧૦૦ ટનનાં વજનની ત્રેનને ખેંચી જાય છે. એન્જીનનું પોતાનું વજન ૩૦ ટન છે, અને ખેંચાણને નડતો અવરોધ દર ટન દીઠ ૧૦ પૌંડ છે, તો તે એન્જીન દર કલાકે કેટલા માઈલની ઝડપે દોડતું હશે ?

૯. ૪૦ હોર્સપાવરનું એક ત્રેકશન એન્જીન દર કલાકે ૨૦ માઈલની ઝડપે દોડી પોતાની પાછળ ૧૮ ટનનું વજન ખેંચે છે. એન્જીનનું પોતાનું વજન ૭ ટન છે તો વજનનાં દર ટન દીઠ ખેંચાણને નડતો અવરોધ કેટલો હશે ?

૧૦. એક પ્લેનોંગ મશીનની ટેમ્પલ પોતાની ઉપર બાંધેલા ૫૬ પૌંડનાં વજનના દાગીના સાથે એક મીનીટમાં ૫ બેવડા સ્ટ્રોક કરે છે. સ્ટ્રોકની લંબાઈ ૧૨ ઈંચ છે, અને ટેમ્પલનું પોતાનું વજન ૧૩ હંડ્રેડવેટ છે. સરતી સપાટીએ વચ્ચેનો કોએશીશન્ટ ઓફ ફ્રીક્શન ૦.૦૮ હોય તો તે મશીન ચલાવવા માટે કેટલા હોર્સપાવર જોઈશે ?

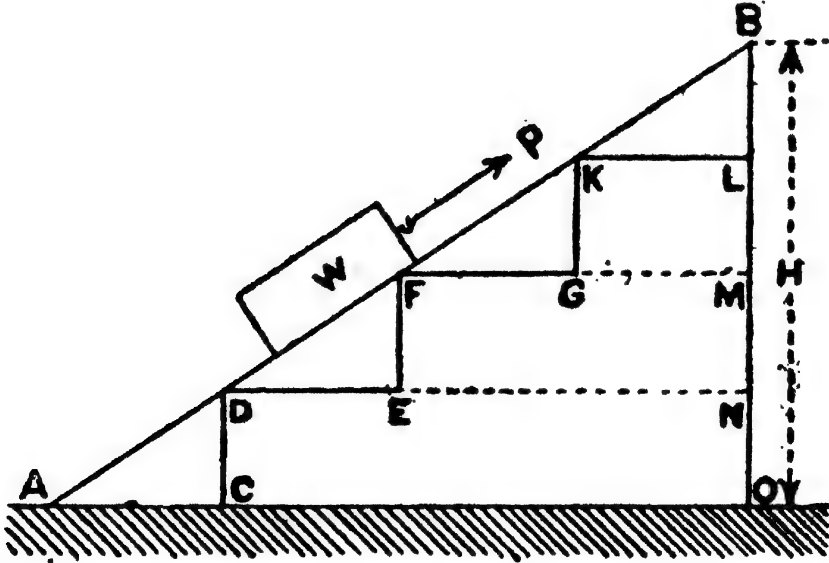
૧૧. ૧૫૦ હોર્સપાવરનું એક લોકોમોટીવ એન્જીન પોતાની પાછળ જોડેલી ત્રેન સાથે દર કલાકે ૪૦ માઈલની ઝડપે દોડે છે. ખેંચાણનો અવરોધ દર ટન દીઠ ૮ પૌંડ હોય તો એન્જીન અને ત્રેનનું વજન શોધો ?

૧૨. એક સ્ટીમ એન્જીનનાં સ્લાઈડ વાલ્વની સરતી સપાટીનું માપ ૧૦ ઈંચ x ૧૬ ઈંચ છે, અને તેની ચાલ (travel) ૬ ઈંચ છે. વાલ્વની પીઠ ઉપર પડતું વરાળનું દબાણ દર ચોરસ ઈંચે ૮૦ પૌંડ છે. જો વાલ્વની ફ્રેસ અને સીલીન્ડરની ફ્રેસ વચ્ચેનો કોએશીશન્ટ ઓફ ફ્રીક્શન ૦.૧૨ હોય તો વાલ્વને ચલાવવા માટે એન્જીનના કેટલા હોર્સપાવર વ્યર્થ જતા હશે ?

પ્રકરણ ૯મું

ઢાળ ઉપર ખેંચાણનું જોર અને તે ઉપર વજન ખસેડતાં થતાં કામ વિષે.

ધર્ષણ ધ્યાનમાં ન લેતાં ઢાળ ઉપર વજન ખસેડતાં થતું કામ—આડી સપાટીથી ઢળતી સપાટીને “ઇન્કલાઇન્ડ પ્લેન” અથવા “ગ્રેડીઅન્ટ” (inclined plane or gradient) કહેવામાં આવે છે. આકૃતિ ૧૦૯માં એક ઇન્કલાઇન્ડ પ્લેન એટલે



આકૃતિ ૧૦૯

ઢળતી સપાટી AB આડી સપાટી AOને અમુક અંશ (ડીગ્રી)ને ખૂણે ઢળતી બતાવી છે. એમાં AO પાયો (base) છે, AB

કર્ણ (hypotenuse) છે, અને OB ઉંચાઈ (height) છે. W વજન છે કે જેને ઈન્કલાઈન્ડ પ્લેન એટલે ઢળતી સપાટી ઉપર A થી B સુધી ખસેડી લઈ જવાનું છે. ઢાળની ઉંચાઈ H, છે, ત્યારે જે વજન અને સપાટી વચ્ચેનું ઘર્ષણ ધ્યાનમાં ન લઈએ તો ઢાળ ઉપર W ખેંચી જતાં થતું કામ = $W \times H$, અને જે W પૈંડમાં અને H ફૂટમાં લઈએ તો થયલું કામ ફૂટ-પૈંડમાં આવશે; કારણ કે જે આપણે ઢાળને બદલે આકૃતિમાં પાતળી લીટીમાં દેખાડ્યા પ્રમાણે હારબંધ પગથીયાં મુકીએ ત્યારે પહેલાં પગથીયાં D ઉપર Wને ચઢાવવા માટે પહેલાં W ને A થી C સુધી ખસેડતાં કામ સૂન્ય થશે, કારણ કે AC આડી સીધી સપાટી છે, અને ઘર્ષણ ધ્યાનમાં લેવાનું નથી એટલે સૂન્ય લીધું છે, ત્યારે કામ = ઘર્ષણને લીધે નડતો અવરોધ $0 \times$ સપાટીની લંબાઈ $AC = 0$ (સૂન્ય) છે. હવે વજન Wને C થી D સુધી ઉપાડતાં થતું કામ = વજન \times ઉંચાઈ = $W \times CD$ છે, પણ ઉંચાઈ CD એ ONની બરાબર છે, માટે પહેલાં પગથીયાં D ઉપર ઉપાડતાં થતું કામ = $W \times ON$ છે. ફરીને Wને બીજાં પગથીયાં F ઉપર ચઢાવવા પહેલાં D થી E સુધી ખસેડવો પડશે, અને ઉપર જોયું તેમ D થી E સુધી ખસેડતાં થતું કામ સૂન્ય થશે; હવે Wને E થી F સુધી ઉપાડતાં $W \times EF$ જેટલું કામ થશે, પણ $EF = NM$ છે, માટે E થી F સુધી Wને ચઢાવતાં થતું કામ = $W \times NM$ થશે, અને એજ પ્રમાણે પગથીયાંઓ K અને B સુધી Wને ચઢાવતાં થતાં કામ અનુક્રમે $W \times ML$ અને $W \times LB$ છે. ત્યારે આ પ્રમાણે વજન Wને A થી B સુધી ખસેડતાં થતું કામ પગથીયાં D, F, K, અને B ઉપર ચઢાવતાં થતાં કામોના સરવાળાની બરાબર છે, ત્યારે તે કામ = $W \times ON + W \times NM + W \times ML + W \times LB = W (ON + NM + ML + LB)$ છે, પણ $(ON + NM + ML + LB) = H$ ઉંચાઈ છે, ત્યારે વજન Wને A થી B સુધી

ખસેડતાં થતું કામ એ W ને ઉંચાઈ H સુધી ઉપાડતાં થતાં કામની બરાબર છે, એટલે કામ = $W \times H$ છે. એમાં ઘર્ષણ ધ્યાનમાં લીધું નથી તે યાદ રાખવું.

$$\text{થયલું કામ} = W \times H$$

$$W = \frac{\text{થયલું કામ}}{H}$$

$$H = \frac{\text{થયલું કામ}}{W}$$

દાખલો ૧—એક ઢાળ ૧૫ ફુટ ઉંચો છે, તો તે ઉપર ૫૦ પૌંડનું વજન ખસેડતાં કેટલું કામ થશે ?

$$\text{કામ} = W \times H$$

$$= ૫૦ \times ૧૫ = \underline{૭૫૦ \text{ ફુટ-પૌંડ.}}$$

દાખલો ૨—૮ ફુટ ઉંચા એક ઢાળ ઉપર વજન ખસેડતાં ૮૪૦ ફુટ-પૌંડ કામ થાય છે, તો વજન શોધો ?

$$W = \frac{\text{કામ}}{H}$$

$$= \frac{૮૪૦}{૮} = \underline{૧૦૫ \text{ પૌંડ.}}$$

દાખલો ૩—એક ઢળતી સપાટી ઉપર ૮૫ પૌંડનાં વજનને ખસેડતાં ૫૧૦ ફુટ-પૌંડ કામ થાય છે, તો ઢાળની ઉંચાઈ શોધો ?

$$H = \frac{\text{કામ}}{W}$$

$$= \frac{૫૧૦}{૮૫} = \underline{૬ \text{ ફુટ.}}$$

દાખલો ૪—એક સપાટી એવી રીતે ઢળતી છે કે તેની ઉંચાઈ અને લંબાઈ વચ્ચેનું પ્રમાણ ૧ : ૮ છે અને તે સપાટી ૧૬૦ વાર લાંબી છે, તો તે ઉપર ૭૫ પૌંડનું વજન ખેંચી જવામાં કેટલા ફુટ-પૌંડ કામ થશે ?

ઢાળ ઉપર ખેંચાણનું જોર અને થતું કામ ૨૦૩.

પહેલાં આપેલી લંબાઈ માટે કેટલી ઉંચાઈ આવશે તે શોધો, ત્યારે

$$\begin{array}{l} \text{લંબાઈ} \quad \text{પુટ} \quad \text{લંબાઈ} \quad \text{ઉંચાઈ} \\ ૮ \quad : \quad ૧૬૦ \times ૩ \quad : : \quad ૧ \quad : \quad \text{ઉંચાઈ} \\ \frac{૧૬૦ \times ૩ \times ૧}{૮} = ૬૦ \text{ પુટ ઉંચાઈ.} \end{array}$$

$$\begin{aligned} \text{કામ} &= W \times H \\ &= ૭૫ \times ૬૦ = \underline{૪૫૦૦ \text{ પુટ-પૈાંડ.}} \end{aligned}$$

દાખલો ૫—૨૦ ઉતારાઓથી ભરેલી એક ત્રામગાડી ૫૦ એ. ૧ ના ઢાળવાળા રસ્તા ઉપર દર કલાકે ૫ માઇલની ઝડપે દોડે છે. દરેક ઉતારાનું સરેરાશ વજન ૧૪૦ પૈાંડ છે, અને ત્રામગાડીનું વજન ૧૦ હંડ્રેડવેટ છે, તે ધર્ષણનો અવરોધ ધ્યાનમાં ન લેતાં તે ત્રામને ઢાળ ઉપર ખેંચી જતાં એક મીનીટમાં કેટલું કામ થશે ?

ઢાળ ૫૦ એ ૧ નો છે, એટલે ૫૦ પુટ લંબાઈ દીઠ ૧ પુટ ઉંચાઈ છે.

$$\begin{aligned} \text{એક મીનીટમાં પસાર થતી લંબાઈ} &= \frac{૫ \times ૫૨૮૦}{૬૦} \\ &= ૪૪૦ \text{ પુટ.} \end{aligned}$$

$$\begin{array}{l} \text{લંબાઈ} \quad \text{પુટ} \quad \text{લંબાઈ} \quad \text{ઉંચાઈ} \\ ૫૦ \quad : \quad ૪૪૦ \quad : : \quad ૧ \quad : \quad \text{ઉંચાઈ} \\ \therefore \text{ઉંચાઈ} = \frac{૪૪૦ \times ૧}{૫૦} = ૮.૮ \text{ પુટ.} \end{array}$$

$$\begin{aligned} \text{કુલ વજન} &= ૨૦ \times ૧૪૦ + ૧૦ \times ૧૧૨ \\ &= ૨૮૦૦ + ૧૧૨૦ = ૩૯૨૦ \text{ પૈાંડ.} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{એક મીનીટમાં થતું કામ} &= \text{વજન} \times \text{એક મીનીટમાં ચઢવામાં આવતી ઉંચાઈ} \\ &= ૩૯૨૦ \times ૮.૮ \\ &= \underline{૩૪૪૯૬ \text{ પુટ-પૈાંડ.}} \end{aligned}$$

ઉપલા દાખલામાં ધર્ષણ ધ્યાનમાં લીધું નથી, માટે પસાર થતી લંબાઈ ધ્યાનમાં લીધી નથી તે વિચારીએ યાદ રાખવું.

ધર્ષણ ધ્યાનમાં લેતાં ઢાળ ઉપર વજનને ખસેડતાં થ કામ—ઉપલા દાખલાઓમાં ધર્ષણ ધ્યાનમાં લીધું નથી પણ માત્ર ગુરુત્વાકર્ષણને લીધે થતું કામ ધ્યાનમાં લીધું છે. વજન Wને ઢળતી સપાટીની ઉંચાઈ જેટલે અંતરેથી ઉપાડવામાં આવ્યું છે. જે આપણને ધર્ષણ તથા ગુરુત્વાકર્ષણ એ બંનેને લીધે થતાં કામ નક્કી કરવાં હોય તો ધર્ષણને લીધે થતું કામ આઠમાં પ્રકરણમાં શીખ્યા પ્રમાણે ગણવું, અને ગુરુત્વાકર્ષણને લીધે થતું કામ ચાલુ પ્રકરણની રીતે ગણવું. કારણ કે જે ઢળતી સપાટીનો ઢાળ ઓછો હોય (કે જેમ વ્યવહારમાં વારંવાર બને છે) તો ઢાળ ઉપરનું ધર્ષણ આડી સીધી સપાટીનાં ધર્ષણની લગભગ બરાબર થશે, અને નીચે આપેલા દાખલાઓમાં પણ એમ ધારી લીધું છે. ઢળતી સપાટી (ઈન્કલાઈન્ડ પ્લેન) ઉપરનું ધર્ષણ શોધવાની રીત નીચે મુજબ છે. ધારો કે F = ઢળતી સપાટી ઉપરનું ધર્ષણ અને P = આડી સપાટ સપાટી ઉપરનું ધર્ષણ, તો

F : P :: પાયો (base) : કર્ણ (hypotenuse).

$$\therefore F \times \text{કર્ણ} = P \times \text{પાયો}$$

$$\therefore F = \frac{P \times \text{પાયો}}{\text{કર્ણ}}$$

$$= \frac{P \times \text{ઢાળનાં પાયાની લંબાઈ}}{\text{ઢળતી સપાટીની લંબાઈ}}$$

આ રીત દર્શાવવા માટે ધારો કે એક ઢાળ ૫૦ એ ૧ નો છે, અને આડી સપાટ સપાટી ઉપરનું ધર્ષણ P દર ૮૦ દીઠ ૧૩૦ પૌંડ છે, તો ઢાળ ઉપરનું F દર ૮૦ દીઠ કેટલું હશે ?

$$\text{ઢાળ ઉપરનું ધર્ષણ } F = \frac{\text{આડી સપાટી ઉપરનું ધર્ષણ} \times \text{પાયો}}{\text{ઢળતી સપાટીની લંબાઈ}}$$

ઢાળ ૫૦ એ ૧નો છે એટલે ઢળતી સપાટીની લંબાઈ ૫૦ ફુટ હોય તો ઉંચાઈ ૧ ફુટ છે. ઢાળના પાયાની લંબાઈ શોધવાની છે, જે ભૂમિતિનાં નીચલાં સિદ્ધાંત પ્રમાણે શોધી શકાય:—એક કાર્ટકોણ ત્રિકોણનાં

કર્ણનો વર્ગ તે ત્રિકોણની બે બાજુઓનાં વર્ગોનાં સરવાળાની બરાબર છે, ત્યારે

$$કર્ણ^2 = પાયો^2 + ઉંચાઈ^2$$

$$૫૦^2 = પાયો^2 + ૧^2$$

$$\therefore પાયો^2 = ૫૦^2 - ૧^2$$

$$\therefore પાયો = \sqrt{૫૦^2 - ૧^2}$$

$$= \sqrt{૨૫૦૦ - ૧}$$

= ૪૯.૯૯ ફુટ જે ઢાળની લંબાઈની લગભગ બરાબર છે.

$$\text{ત્યારે } F = \frac{૧૩૦ \times ૪૯.૯૯}{૫૦}$$

$$= ૧૨૯.૯૭૪ \text{ પૌંડ દર ટન દીઠ.}$$

ઉપર પ્રમાણે ઢાળ ઉપરનું ધર્પણ દર ટન દીઠ ૧૨૯.૯૭૪ પૌંડ આવે છે જે આડી સીધી સપાટી ઉપરનાં ધર્પણની લગભગ બરાબર છે. ત્યારે જે દાખલાઓમાં ઢાળ એ.છો હોય ત્યારે પાયાની લંબાઈને બદલે ઢળતી સપાટીની લંબાઈ ગણતરીમાં લેવામાં આવે છે.

હવે આકૃતિ ૧૦૯માં AથીB સુધી વજન Wને ખસેડતાં થતું કામ એ આડી સીધી સપાટી ઉપર AથીO સુધી વજન Wને ખસેડતાં થતાં કામ અને વજન Wને OથીB સુધી એટલે ઉંચાઈ H સુધી ઉપાડતાં થતાં કામના સરવાળાની બરાબર છે, એટલે બીજા શબ્દોમાં કહીએ તો ઢાળ ઉપર વજન Wને ચઢાવતાં થતું કામ = ધર્પણને લીધે થતું કામ + ગુરૂત્વાકર્ષણને લીધે થતું કામ છે.

વળી ધારો કે આપણી પાસે એક ઢળતી સપાટી અથવા ઢાળ છે કે જે પાયાની X એકમ લંબાઈ દીઠ એક એકમ ઉંચાઈનો છે, એટલે કે આકૃતિ ૧૦૯માં જો BO ઉંચાઈ એક ફુટ હોય તો પાયા AOની લંબાઈ X ફુટ છે, અને એક ગાડું તે ઢાળ ઉપર ખેંચી જવામાં આવે છે. ધારો કે દર ટન દીઠ ટ્રેક્ટીવ ફોર્સ એટલે ખેંચાણનું

જેર T પૌંડ હોય ત્યારે ગુરૂત્વાકર્ષણને લીધે નડતો અવરોધ દર ટન દીઠ નીચે પ્રમાણે શોધી શકાય :—

પાયાની લંબાઈ : ઉંચાઈ : : વજન : ગુરૂત્વાકર્ષણને લીધે નડતો અવરોધ

$X' : ૧' :: ૧ ટન : ગુરૂત્વાકર્ષણનો અવરોધ.$

$\therefore X' \times ગુરૂત્વાકર્ષણનો અવરોધ = ૧' \times ૧ \times ૨૨૪૦$

$\therefore ગુરૂત્વાકર્ષણનો અવરોધ = \frac{૨૨૪૦}{X} = \frac{એક ટનનું વજન પૌંડમાં}{પાયાની લંબાઈ}$

પણ આપણે ઉપર જોયું કે ઢળતી સપાટીમાં પાયાની લંબાઈ અને ઢળતી સપાટીની લંબાઈ વચ્ચે જે ઢાળ ધણો નાનો હોય તો લગભગ કશો ફરક આવતો નથી, એટલે પાયાની લંબાઈને બદલે ઢાળની લંબાઈ ગણતરીમાં લેવામાં આવે છે.

ધર્ષણને લીધે ખેંચાણને નડતો અવરોધ દર ટન દીઠ T પૌંડ છે, ત્યારે ઢાળ ઉપર ચઢાવતાં વજનને નડતો કુલ અવરોધ દર ટન દીઠ પૌંડમાં = દર ટન દીઠ ધર્ષણને લીધે નડતો અવરોધ પૌંડમાં + દર ટન દીઠ ગુરૂત્વાકર્ષણને લીધે નડતો અવરોધ પૌંડમાં $= (T + \frac{૨૨૪૦}{X})$ પૌંડ દર ટન દીઠ.

દાખલા તરીકે ધારો કે આડી સપાટ સપાટી ઉપરનો ખેંચાણને નડતો અવરોધ અથવા ખેંચાણનું જેર દર દીઠ ૧૫ પૌંડ છે, તો ૧૦૦એ ૧ના ઢાળ ઉપર વજનને ખેંચી જતાં દર ટન વજન દીઠ નડતો કુલ અવરોધ $= ૧૫ + \frac{૨૨૪૦}{૧૦૦} = ૧૫ + ૨૨.૪ = ૩૭.૪$ પૌંડ દર ટન દીઠ.

વળી ઢાળ ઉપરથી વજનને નીચે ગમડાવતાં ધર્ષણને લીધે થતું કામ ઢાળ ઉપર ચઢાવતાં થતાં કામનાં જેટલુંજ છે, તથા ગુરૂત્વાકર્ષણને લીધે થતું કામ ઢાળ ઉપર ચઢાવતાં થતાં કામની બરાબર છે, પણ આ બાબદમાં તેની અસરો એક બીજાથી ઉલટી છે; કારણ કે વજનને ઢાળ ઉપરથી નીચે ગમડાવતાં ધર્ષણ સામે અવરોધ કરે છે, બ્યારે ગુરૂત્વાકર્ષણ તે વજનને તેની ગમડવાની દિશા તરફ નીચે ખેંચે છે.

માટે વજનને ઢાળ ઉપરથી નીચે ગખડાવતાં થતું કામ = ઘર્ષણને લીધે થતું કામ—ગુરૂત્વાકર્ષણને લીધે થતું કામ છે.

દાખલો ૬—એક ઢાળવાળી સપાટી ૧૦૦ ફુટ લાંબી અને ૨૦ ફુટ ઉંચી છે, અને તે સપાટી ઉપર ૧૦૦ પૌંડનાં વજનનાં એક પદાર્થને નીચેથી મથાળે ચઢાવવાનો છે. જો પદાર્થ અને સપાટી વચ્ચેનો કોએફીશન્ટ ઓફ ફ્રીક્શન ૦.૫ હોય તો થયલું કામ શોધો ?

ઢાળ ઉપર પદાર્થને ચઢાવતાં થતું કુલ કામ = ઘર્ષણને લીધે થતું કામ + ગુરૂત્વાકર્ષણને લીધે થતું કામ છે.

ઘર્ષણને લીધે થતું કામ = ઘર્ષણનો અવરોધ × ઢાળનાં પાયાની લંબાઈ.
પાયાની લંબાઈ ત્રિકોણની રીતે નીચે પ્રમાણે શોધી શકાય—

$$કર્ણ ૨ = પાચો ૨ + ઉંચાઈ ૨$$

$$૧૦૦ ૨ = પાચો ૨ + ૨૦ ૨$$

$$પાયા ૨ = ૧૦૦૦૦ - ૪૦૦$$

$$\therefore પાચો = \sqrt{૧૦૦૦૦ - ૪૦૦}$$

$$= \sqrt{૯૬૦૦}$$

$$= ૯૭.૯ = ૯૮ ફુટ લગભગ$$

$$\therefore ઘર્ષણને લીધે થતું કામ = ૦.૫ \times ૧૦૦ \times ૯૮'$$

$$= ૪૯૦૦ ફુટ-પૌંડ$$

$$ગુરૂત્વાકર્ષણને લીધે થતું કામ = વજન \times ઉંચાઈ$$

$$= ૧૦૦ \times ૨૦$$

$$= ૨૦૦૦ ફુટ-પૌંડ$$

$$\therefore ઢાળ ઉપર ચઢાવતાં થતું કુલ કામ = ૪૯૦૦ + ૨૦૦૦$$

$$= \underline{૬૯૦૦ ફુટ-પૌંડ.}$$

નોટ—આ દાખલામાં ઢાળ વિશેષ હોવાથી પાયાની લંબાઈ ગણતરીમાં લીધી છે, પણ જ્યાં ઢાળ વિશેષ હોતો નથી (કે જેમ વ્યવહારમાં અને છે) ત્યાં પાયાની લંબાઈને બદલે ઇન્કલાઈન્ડ પ્લેન એટલે ઢાળવાળી સપાટીનીજ લંબાઈ ગણતરીમાં લેવામાં આવે છે.

દાખલો ૭—જો એક સપાટ સડક ઉપર એક વજન ખેંચી જવા માટે દર ટન દીઠ ૧૫૦ પૌંડનું ખેંચાણનું જોર પુરતું હોય તો ૮૦ એ ૧નાં ઢાળવાળી સડક ઉપર તેજ વજનને ખેંચી જવા માટે દર ટન દીઠ કેટલું ખેંચાણનું જોર જોઈશે ?

ધર્ષણને લીધે ખેંચાણને નડતો અવરોધ દર ટન દીઠ ૧૫૦ પૌંડ છે.

ગુરુત્વાકર્ષણને લીધે ખેંચાણને નડતો અવરોધ દર ટન દીઠ $= \frac{૨૨૪૦}{૧૦} = ૨૨૪$ પૌંડ.

ઢાળવાળી સડક ઉપર વજનને ખેંચી જવા માટે જોઈતું કુલ જોર = ધર્ષણનો અવરોધ દુર કરવા માટે જોઈતું જોર + ગુરુત્વાકર્ષણનો અવરોધ દુર કરવા માટેનું જોર = ૧૫૦ + ૨૨૪
= ૩૭૪ પૌંડ દર ટન દીઠ.

દાખલો ૮—એક લોકોમોટીવનું વજન ૩૦ ટન છે, અને આ વજનનો જે ભાગ ડ્રાઇવીંગ વ્હીલને ફાળે ઉપાડવા માટે આવે છે તે ૧૦ ટન છે. જો પૌંડાં અને પાટા વચ્ચેનો કોએફીશન્ટ ઓફ ફ્રિક્શન ૦.૨ હોય, અને ખેંચાણને નડતો અવરોધ (ત્રેક્શન) ત્રેનનાં વજનનાં દર ટન દીઠ ૧૦ પૌંડ હોય તો તે એન્જન સપાટ સડક ઉપર પોતાનાં વજન સાથે કુલ કેટલું વજન ખેંચી શકશે? વળી તે એન્જન ૨૦ એ ૧નાં ઢાળવાળી સડક ઉપર તેજ ઝડપે પોતાનાં વજન સાથે કેટલું વજન ખેંચી જશે?

પૌંડાં અને પાટા વચ્ચેનાં ધર્ષણને લીધે નડતો કુલ

$$\text{અવરોધ} = ૧૦ \times ૨૨૪૦ \times ૦.૨$$

$$= ૪૪૮૦ \text{ પૌંડ}$$

પૌંડ અવરોધ પૌંડ અવરોધ ટન ત્રેનનું વજન

$$૧૦ : ૪૪૮૦ :: ૧ : \text{ટન ત્રેનનું વજન}$$

∴ સપાટ સડક ઉપર એન્જન વડે ખેંચી શકાતું કુલ વજન =

$$\frac{૪૪૮૦ \times ૧}{૧૦} = ૪૪૮ \text{ ટન એન્જનનાં વજન સાથે}$$

ઢાળ ઉપર ખેંચાણનું જોર અને થતું કામ ૨૦૬

હવે ૨૦ એ ૧નાં ઢાળવાળી સડક ઉપર ગુરૂત્વાકર્ષણને લીધે નડતો અવરોધ દર ટન દીઠ = $\frac{૨૨૪૦}{૨૦} = ૧૧૨$ પૌંડ છે, અને ધણુને લીધે નડતો અવરોધ દર ટન દીઠ ૧૦ પૌંડ છે, ત્યારે ઢાળ ઉપર ત્રેનને ખેંચી જતાં નડતો કુલ અવરોધ = ૧૦ + ૧૧૨ = ૧૨૨ પૌંડ દર ટન દીઠ છે.

સપાટ સડક ઉપર ત્રેન ખેંચી જતાં નડતો અવરોધ દર ટન દીઠ માત્ર ૧૦ પૌંડ છે, ત્યારે વજન ૪૪૮ ટન ખેંચી શકાય છે; પણ ઢાળવાળી સડક ઉપર ત્રેનને ખેંચતાં કુલ અવરોધ દર ટન દીઠ ૧૨૨ પૌંડ છે. ત્યારે વજન ૪૪૮ ટન કરતાં ઓછું ખેંચી શકાશે, કારણ કે અવરોધ વધુ છે, માટે વ્યસ્થ (ઉલટું) પ્રમાણ લેવું જોઈએ.

પૌંડ દર ટન દીઠ પૌંડ દર ટન દીઠ ટન વજન

૧૨૨ : ૧૦ : : ૪૪૮ : W ટન

∴ ઢાળ ઉપર એન્જન વડે ખેંચી શકાતું વજન = $\frac{૪૪૮ \times ૧૦}{૧૨૨} = \underline{૩૬.૭}$ ટન.

(એન્જનનાં વજન સાથે)

દાખલો ૯—એક ઢાળવાળી સપાટી (ઈન્કલાઈન્ડ પ્લેન) ઉપર ધર્ષણનો અવરોધ દર ટન દીઠ ૧૫૦ પૌંડ છે, તો દર ૨૫ ફુટ લંબાઈ દીઠ ૧ ફુટની ઉંચાઈવાળા ઢાળ ઉપર ૧૦૦ ફુટ સુધી ૨ ટનનું વજન ખેંચી જતાં કેટલું કામ થશે? વળી તે વજનને તે ઢાળ ઉપરથી નીચે ગમડાવતાં કેટલું કામ થશે?

૧૦૦ ફુટની લંબાઈ માટે ઢાળની ઉંચાઈ = $\frac{૧૦૦ \times ૧}{૨૫} = ૪$ ફુટ

ધર્ષણને લીધે થતું કામ = અવરોધ × અંતર

= ૧૫૦ × ૨ × ૧૦૦

= ૩૦૦૦૦ ફુટ-પૌંડ.

ગુરૂત્વાકર્ષણને લીધે થતું કામ = વજન × ઉંચાઈ

$$= ૨ \times ૨૨૪૦ \times ૪$$

$$= ૧૭૯૨૦ \text{ પુટ-પૈાંડ.}$$

$$\begin{aligned} \text{ઢાળ ઉપર ચઢાવતાં થતું કુલ કામ} &= \text{ઘર્ષણને લીધે થતું કામ} + \\ &\text{ગુરૂત્વાકર્ષણને લીધે થતું કામ} \\ &= ૩૦૦૦૦ - ૧૭૯૨૦ \\ &= \underline{૪૭૯૨૦ \text{ પુટ-પૈાંડ.}} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{ઢાળ ઉપરથી નીચે ગળાડાવતાં થતું કામ} &= \text{ઘર્ષણને લીધે થતું કામ} - \\ &\text{ગુરૂત્વાકર્ષણને લીધે થતું કામ} \\ &= ૩૦૦૦૦ - ૧૭૯૨૦ \\ &= \underline{૧૨૦૮૦ \text{ પુટ-પૈાંડ.}} \end{aligned}$$

ઢાખલો ૧૦—એક લોકોમોટીવ એન્જીન ઢર કલાકે ૪૫ માઇલની ઝડપે પોતાની પાછળ જોડેલી ત્રેનને સપાટ સડક ઉપર ખેંચી જાય છે. ત્રેકશન (ખેંચાણને નડતો અવરોધ) ઢર ટન ઢીઠ ૧૫ પૈાંડ છે, અને એન્જીન તથા ત્રેનનું વજન ૨૨૦ ટન છે, તો તે એન્જીનનાં કાર્યસાધક હોર્સપાવર કેટલા હોવા જોઈએ ? જો સડક ૧૩૦એ ૧નાં ઢાળવાળી હોય તો ઉપલીજ ઝડપે ત્રેનને ખેંચવા માટે કેટલા વધારાનાં હોર્સપાવર ખર્ચ કરવા પડશે ?

$$\text{એક મીનીટમાં પસાર થતું અંતર} = \frac{૪૫ \times ૫૨૮૦}{૬૦} = ૩૯૬૦ \text{ પુટ}$$

$$\text{કુલ ખેંચાણને નડતો અવરોધ} = ૧૫ \times ૨૨૦ = ૩૩૦૦ \text{ પૈાંડ.}$$

$$\text{હોર્સપાવર} = \frac{૩૩૦૦ \times ૩૯૬૦}{૩૩૦૦૦} = \underline{૩૯૬ \text{ H. P}}$$

જો સડક ઢાળવાળી હોય તો તે ઢાળ ઉપર ત્રેન ખેંચી જવા માટે જોઈતા હોર્સપાવર = ઘર્ષણનો અવરોધ દુર કરવામાં જોઈતા હોર્સપાવર + ગુરૂત્વાકર્ષણનો અવરોધ દુર કરવામાં જોઈતા હોર્સપાવર.

ઘર્ષણનો અવરોધ દુર કરવામાં જોઈતા હોર્સપાવર = ૩૯૬ છે.
એક મીનીટમાં પસાર થતી સપાટીની લંબાઈ = ૩૯૬૦ પુટ છે.

ઢાળ ઉપર ખેંચાણનું જોર અને થતું કામ ૨૧૧

$$\begin{array}{ccccccc} \text{લંબાઈ} & & \text{પુટ લંબાઈ} & & \text{ઉંચાઈ} & & \\ ૧૩૦ & : & ૩૯૬૦ & : & ૧ & : & \text{પુટ ઉંચાઈ} \end{array}$$

$$\therefore \text{ઉંચાઈ} = \frac{૩૯૬૦ \times ૧}{૧૩૦} = ૩૦.૪૬ \text{ પુટ એક મીનીટમાં}$$

ગુરૂત્વાકર્ષણનો અવરોધ દુર કરવામાં એક મીનીટમાં થતું કામ = ૨૨૦ × ૨૨૪૦ × ૩૦.૪૬ પુટ-પૌંડ.

$$\therefore \text{હોર્સપાવર} = \frac{૨૨૦ \times ૨૨૪૦ \times ૩૦.૪૬}{૩૩૦૦૦} = ૪૫૪.૮૭ \text{ H. P.}$$

ઢાળવાળી સડક ઉપર ત્રેન ખેંચી જતાં જોઈતા કુલ હોર્સપાવર = ૩૯૬ + ૪૫૪.૮૭ = ૮૫૦.૮૭ H. P.

અને વધારાનાં જોઈતા હોર્સપાવર = ૪૫૪.૮૭ H. P.

દાખલો ૧૧—જો દાખલા ૧૦માંનું એન્જીન સપાટ સડક ઉપર ત્રેનને ખેંચવા માટે જોટલા હોર્સપાવર કરે તેટલાજ ઢાળવાળી સડક ઉપર ખર્ચ કરે તો ખેંચાણને નડતા ધર્ષણના અવરોધમાં કશો પણ ફેરફાર થયો નથી એમ માની લેતાં તેજ ત્રેન સાથે તે એન્જીન ૧૮૦એ ૧ના ઢાળવાળી સડક ઉપર દર કલાકે કેટલા માઈલની ઝડપે ચઢશે ?

જો એન્જીન સપાટ સડક ઉપર જો હોર્સપાવર ખર્ચ કરે તેટલાજ હોર્સપાવર ઢાળવાળી સડક ઉપર ઉત્પન્ન કરે તો તે એન્જીનની ઝડપ ઢાળવાળી સડક ઉપર ઓછી થશે.

૧૮૦એ ૧ના ઢાળવાળી સડક ઉપર નડતો કુલ અવરોધ = ધર્ષણનો અવરોધ + ગુરૂત્વાકર્ષણનો અવરોધ = ૧૫ + $\frac{૨૨૪૦}{૬૬૦}$ = ૧૫ + ૧૨.૪૪ = ૨૭.૪૪ પૌંડ દર ટન દીઠ.

જ્યારે અવરોધ દર ટને ૧૫ પૌંડ છે ત્યારે ઝડપ દર કલાકે ૪૫ માઈલની છે, તો જ્યારે અવરોધ વધીને દર ટને ૨૭.૪૪ પૌંડ થાય ત્યારે ઝડપ ઓછી થશે, માટે વ્યસ્થ પ્રમાણ લેવું જોઈએ.

૨૭.૪૪ : ૧૫ :: ૪૫ :: ઝડપ દર કલાકે માઈલમાં

$$\therefore \text{દર કલાકે ઝડપ માઈલિમાં} = \frac{૪૫ \times ૧૫}{૨૭.૪૪} = \underline{૨૪.૫ \text{ માઈલિ}}$$

દાખલો ૧૨—૧૦૦ હોર્સપાવરનું એક લોકોમોટીવ એન્જીન પોતાની પાછળ જોડેલી ટ્રેન સાથે ૧૦૦ એ ૧ ફીટનાં ઢાળવાળી સડક ઉપર દર કલાકે ૨૦ માઈલની ઝડપે ચઢે છે. એન્જીનનું પોતાનું વજન ૧૨ ટન છે, તો તે એન્જીનની પાછળ જોડેલી ટ્રેનનું વજન કેટલા ટન હશે તે શોધો? ત્રેક્શન દર ટન દીઠ ૮ પૈંડ છે.

દર ટન દીઠ ગુરત્વાકર્ષણનો અવરોધ શોધવા માટે—

$$\begin{array}{ccccccc} \text{વજન} & & \text{વજન પૈંડમાં} & & \text{ગુરત્વાકર્ષણનો અવરોધ} & & \\ ૧૦૦ & : & ૨૨૪૦ & : & ૧ ફીટ & : & \text{અવરોધ પૈંડમાં} \end{array}$$

$$\therefore \text{દર ટન દીઠ ગુરત્વાકર્ષણનો અવરોધ} = \frac{૨૨૪૦ \times ૫}{૪ \times ૧૦૦} = \underline{૨૮ \text{ પૈંડ.}}$$

ઢાળવાળી સડક ઉપર ચઢતાં દર ટન વજન દીઠ નડતો કુલ અવરોધ = ૮ + ૨૮ = ૩૬ પૈંડ.

ધારો કે W ટન = એન્જીન તથા ટ્રેનનું કુલ વજન.

$$\therefore \text{કુલ અવરોધ} = ૩૬ \times W = ૩૬ W \text{ પૈંડ.}$$

એક મીનીટમાં ઢાળવાળી સડક ઉપર ચઢતાં થતું કામ

$$= \frac{૩૬ W \times ૨૦ \times ૫૨૮૦}{૬૦}$$

$$\therefore \frac{૩૬ W \times ૨૦ \times ૫૨૮૦}{૬૦} = ૧૦૦ \times ૩૩૦૦૦$$

$$\therefore W = \frac{૧૦૦ \times ૩૩૦૦૦ \times ૬૦}{૩૬ \times ૨૦ \times ૫૨૮૦} = ૫૨.૦૮૬ \text{ ટન}$$

પણ એન્જીનનું વજન ૧૨ ટન છે.

$$\therefore \text{એન્જીન વગર ટ્રેનનું વજન} = ૫૨.૦૮૬ - ૧૨$$

$$= \underline{૪૦.૦૮૬ \text{ ટન}}$$

દાખલો ૧૩—૧૩ ટનનાં વજનની એક મોટરકાર ૫ માઈલનો ટપ્પો દોડતાં ૨૦ મીનીટ લે છે, અને આ ૫ માઈલના ટપ્પામાં ઢાળની કુલ લંબાઈ ૪૦૦ ફુટ છે. તે મોટરકારનું એન્જીન એક સરખા હોર્સપાવરે કાર્ય કરે છે, અને જે રસ્તા ઉપર તે દોડે છે તે ઉપરનો કુલ ધર્ષણનો અવરોધ દર ટન દીઠ ૫૦ પૌંડ છે. તે ગાડીની ઝડપ દરેક ટપ્પાનાં છેવટે એક સરખી છે, તો તેના હોર્સપાવર શોધો ?

$$\begin{aligned} \text{ધર્ષણનો કુલ અવરોધ} &= ૧.૫ \times ૫૦ \\ &= ૭૫ \text{ પૌંડ.} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{ધર્ષણને લીધે થતું કામ ૨૦ મીનીટમાં} &= ૭૫ \times ૫ \times ૫૨૮૦ \\ &= ૧૯૮૦૦૦૦ \text{ ફુટ-પૌંડ.} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{ગુરુત્વાકર્ષણને લીધે થતું કામ ૨૦ મીનીટમાં} &= ૧.૫ \times ૨૨૪૦ \times ૪૦૦ \\ &= ૧૩૪૪૦૦૦ \text{ ફુટ-પૌંડ.} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \therefore ૫ \text{ માઈલનો ટપ્પો દોડતાં ૨૦ મીનીટમાં થતું કુલ કામ} \\ &= ૧૯૮૦૦૦૦ + ૧૩૪૪૦૦૦ \\ &= ૩૩૨૪૦૦૦ \text{ ફુટ-પૌંડ.} \end{aligned}$$

$$\therefore \text{હોર્સપાવર} = \frac{૩૩૨૪૦૦૦}{૨૦ \times ૩૩૦૦૦} = \underline{૫ \text{ H. P.}}$$

એકસર્સાઈઝ ૧૦મી.

૧. એક ઢળતી સપાટીનો ઢાળ ૪૦ ફુટ લંબાઈ દીઠ ૧ ફુટનો છે. ધર્ષણનો અવરોધ દર ટને ૧૨૦ પૌંડ છે, તો તે ઢાળ ઉપર ૧૫૦ ફુટ સુધી ૪૮૦ પૌંડનું વજન ખેંચી જતાં કેટલું કામ થશે ? વળી તે ઢાળ ઉપરથી વજનને નીચે ગળ્યાવતાં કેટલું કામ થશે ?

૨. એક સપાટ સડક ઉપર વજન ખેંચી જવા માટે દર ટન દીઠ ૧૫૦ પૌંડનું ખેંચાણનું ભેર (ત્રેક્શન) પુરતું હોય તો ૫૦ એ ૧ના ઢાળ ઉપર તે વજન ખેંચી જતાં દર ટન દીઠ કેટલું ખેંચાણનું ભેર કરવું પડશે ?

૩. એક ત્રેકશન એન્જીનનું વજન ૬ ટન છે, અને તે પોતાની પાછળ ૨૦ ટનનું વજન ખેંચી જવા શક્તિમાન છે, તો તે એન્જીન ૧૦૦ એ ૧ના ઢાળવાળા રસ્તા ઉપર કેટલું વજન ખેંચી શકશે ? કોએફીશિન્ટ ઓફ ત્રેકશન ૦.૦૨ છે.

૪. ૩૩૫ ટનનાં વજનની એક ટ્રેન ૨૦૦ એ ૧ના ઢાળવાળા રસ્તા ઉપર દોડે છે. જો લોકોમોટીવના કાર્યસાધક હોર્સપાવર ૬૦૦ હોય અને ખેંચાણને નડતો અવરોધ દર ટન દીઠ ૧૧ પૌંડ હોય તો તે ઢાળવાળા રસ્તા ઉપર ચઢતાં તે ટ્રેન કેટલી એકસમાન ઝડપે દોડશે ?

૫. એક લોકોમોટીવ એન્જીન ૫૦૦ ટનનાં કુલ વજનની ટ્રેનને ૧૫૦ એ ૧ ના ઢાળવાળા રસ્તા ઉપર દર કલાકે ૨૫ માઈલની એક સરખી ઝડપે ખેંચી જાય છે. ધર્પણનો અવરોધ દર ટને ૧૦ પૌંડ છે. તો તે એન્જીનને કેટલા હોર્સપાવર ખર્ચ કરવા પડશે ? વળી તે ઢાળવાળા રસ્તા ઉપરથી તે ટ્રેન નીચે ઉતરતાં કેટલા હોર્સપાવર ખર્ચશે ?

૬. એ ટનની એક મોટરકાર એક સરખા હોર્સપાવરે કાર્ય કરી ૩૦ મીનીટમાં ૨૦ માઈલનું છેડું પસાર કરે છે, અને તે વખત દરમ્યાન તે ૫૦૦ ડ્રુટ ઉપર ચઢે છે. ગતિને નડતો ધર્પણનો અવરોધ દર ટન દીઠ ૫૦ પૌંડ છે, અને તેની સરખાતની તથા અંતની ઝડપો એક સરખી છે, તો તે મોટરકારના હોર્સપાવર શોધો ?

૭. ૩૦ હોર્સપાવરનું એક ત્રેકશન એન્જીન પોતાની પાછળનાં વજન સાથે ૧૦૦ એ ૧ ના ઢાળવાળા રસ્તા ઉપર દર કલાકે ૬ માઈલની ઝડપે ચઢે છે. એન્જીનનું પોતાનું વજન ૬ ટન છે, અને ધર્પણનો અવરોધ દર ટન દીઠ ૭૦ પૌંડ છે તો તે એન્જીન પોતાની પાછળ કેટલું વજન ખેંચી જશે ?

૮. એક એક્સપ્રેસ ટ્રેન સપાટ સડક (level rails) ઉપર દર કલાકે ૬૦ માઈલની એક સરખી ઝડપે દોડે છે. ખેંચાણને નડતો ધર્પણનો અવરોધ દર ટન દીઠ ૮ પૌંડ છે, અને એન્જીન

તથા ટ્રેનનું વજન ૨૫૦ ટન છે, તો તે ટ્રેનનાં એન્જીનના કાર્યસાધક હોર્સપાવર કેટલા હશે? જો સડક ૧૦૦ એ ૧ ના ઢાળવાળી હોય તો તે એન્જીનને કેટલા હોર્સપાવર કરવા પડશે?

૯. જો દાખલા ૮ માંની ટ્રેનનું એન્જીન સપાટ સડક ઉપર ટ્રેનને ખેંચી જતાં જેટલા હોર્સપાવર ઉત્પન્ન કરે તેટલાજ ઢાળવાળી સડક ઉપર ઉત્પન્ન કરે, તો તે એકસપ્રેસ ટ્રેન ૧૫૦ એ ૧ના ઢાળવાળી સડક ઉપર ચઢતાં દર કલાકે કેટલા માઈલની ઝડપે દોડશે? ખેંચાણને નડતા ધર્ષણના અવરોધમાં કશો ફેરફાર થયો નથી.

૧૦. બે ટનનાં વજનને ૬૦ એ ૧ ના ઢાળવાળી સપાટી ઉપર એક માઈલની લંબાઈ સુધી ખેંચી જવાનું છે. જો કોએફીશન્ટ ઓફ ફ્રિક્શન .૪ હોય તો (૧) તે વજનને ઢાળ ઉપર ખેંચી જતાં કેટલું કામ થશે, (૨) તે વજનને ઢાળ ઉપરથી નીચે ગળ્યાવતાં કેટલું કામ થશે?

૧૧. એક ત્રેકશન એન્જીન પોતાનાં ૭ ટનનાં વજન ઉપરાંત ૧૬ ટનનું વજન સપાટ સડક ઉપર ખેંચી શકે છે. ખેંચાણને નડતો અવરોધ દર ટન દીઠ ૫૬ પૌંડ છે, તો ૧૦૦ એ ૧ ના ઢાળવાળા રસ્તા ઉપર તે કેટલું વજન ખેંચી શકશે? વળી જ્યારે આ વજનને તે ઢાળ ઉપર દર કલાકે ૮ માઈલની ઝડપે ખેંચવામાં આવે ત્યારે તે એન્જીનનાં હોર્સપાવર શોધો?

૧૨. ડ્રાઇવીંગ વ્હીલ્સની ત્રણ જેડીવાળાં એક લોકોમોટીવ એન્જીનનું વજન ૪૦ ટન છે. પૈડાં અને પાટા વચ્ચેનો કોએફીશન્ટ ઓફ ફ્રિક્શન ૦.૨ છે, તો તે એન્જીન પોતાને તેમજ ટ્રેનને ચલાવવા માટે કેટલું વધુમાં વધુ ખેંચાણનું જોર કરશે? વળી જો સપાટ સડક ઉપર ખેંચાણને નડતો અવરોધ દર ટન દીઠ ૧૨ પૌંડ હોય તો ૧૨૦ એ ૧ ના ઢાળવાળી સડક ઉપર તે એન્જીન પોતાનું તેમજ ટ્રેનનું મળીને કુલ કેટલું વજન ખેંચી શકશે?

પ્રકરણ ૧૦મું

શક્તિ (ENERGY) અને કાર્યસાધકત્વ (EFFICIENCY)

શક્તિ (એનર્જી energy)—જે એક પદાર્થ ઉપર કામ કરવામાં આવે કે જેથી તે પદાર્થ તે કામ પોતાની અંદર એકઠું કરે અને ફરીને તે પાછું આપવાને શક્તિમાન હોય, તો તે પદાર્થ પોતાની અંદર “ શક્તિ ” એટલે “ એનર્જી ” ધરાવે છે એમ કહેવાય છે. “ એનર્જી ” એટલે “ કામ કરવાની શક્તિ. ” જે આપણે એક પૌંડનાં વજનને એક ફુટની ઉંચાઈ સૂધી ઉપાડીએ તો તે વજન ઉપર આપણે એક ફુટ-પૌંડ કામ કર્યું છે, અને આ કામ જે આપણે તે વજનને નીચે આવવા દઈએ તો તે પાછું આપશે; સારે આ ઉંચકાયલું વજન એક ફુટ-પૌંડ એનર્જી એટલે કામ કરવાની શક્તિ ધરાવે છે. એક માણસ કે જે તે વજનને ઉપાડે છે તેને પોતાની શરીરની અંદરની એકઠી થયેલી શક્તિ (એનર્જી)ના ભંડારમાંથી એક ફુટ-પૌંડ શક્તિ આપવી પડે છે; અને જે તે માણસ કેટલોક વખત સૂધી, કહો કે ૪ થી ૫ કલાક સૂધી, વજનો ઉપાડવાનું ચાલુ રાખે તો તેને માલમ પડશે કે થોડા વિસામો અને કેટલોક ખોરાક લઈ પોતાનો શક્તિનો ભંડાર પાછો ભરપૂર કરવાની જરૂર છે. ખોરાકમાં એનર્જી એટલે શક્તિ હોય છે કે જે આપણાં શરીરનાં અવયવો વડે રૂપાંતર થઈ આપણને કામ કરવાને શક્તિમાન કરે છે. ખોરાકમાંની શક્તિ ધીમી

બળવાની ક્રિયા (slow combustion)થી ઉષ્ણતાના આકારમાં આપણાં શરીરમાં છુટી પડે છે. કોલસામાં પણ ઉષ્મા શક્તિ (હીટ એનર્જી) સમાયલી હોય છે, અને તે શક્તિને કોલસાને ખોલવરના ચુલામાં અથવા ખીજ રીતે ધણીજ ઝડપથી બાળીને (by rapid combustion) છુટી પાડી ઉપયોગમાં લેવામાં આવે છે. પાણી જ્યારે ઉંચી જગ્યાએ હોય છે ત્યારે પોતાની અંદર શક્તિ ધરાવે છે કે જે શક્તિને જે વેળાએ પાણી નીચે ઉતરે તે વેળાએ યાંત્રિક કામમાં રૂપાંતર કરી શકાય છે. વળી જ્યારે વાતાવરણ પવન તરીકે ગતિમાં હોય ત્યારે તેમાં શક્તિ સમાયલી હોય છે. શક્તિના આ સઘળા ભંડારોનું મુખ્ય મૂળ સૂર્યની ઉષ્ણતા છે, કે જે ઉષ્ણતાએ (૧) ભૂતકાળમાં વનસ્પતિ ઉગાડવાની ક્રિયા કરી હતી, જેમાંથી હાલમાં આપણે કોલસાનો જથ્થો મેળવીએ છીએ, અને (૨) વનસ્પતિઓને જીવન બક્ષી આપણને ખોરાકનો જથ્થો પુરો પાડે છે. વળી સૂર્યની ગરમી પાણીને વરાળમાં રૂપાંતર કરી ઉંચે ચઢાવે છે, અને તેથી તેમાં શક્તિ એકઠી થાય છે, અને વળી તે વાતાવરણને પવન તરીકે ગતિમાં મૂકે છે.

આ તો સિદ્ધ થયું છે કે મનુષ્ય શક્તિ પેદા કરી શકતો નથી કે તેનો નાશ કરી શકતો નથી, પણ તે માત્ર તેને એક રૂપમાંથી બીજા રૂપમાં ફેરવી શકે છે. આ નિયમ ધણા લોકો કે જેઓમાં “જાન્યુકની ગતિ” મેળવવા માટેની ફાકટની કોશિસ કરનારાઓ (perpetual motion faddists)નો પણ સમાવેશ થાય છે તેઓએ કરેલાં અનુમાન અને પ્રયોગોનું પરિણામ છે. એન્જનીયરો માટે એ નિયમ ધણોજ ઉપયોગી છે. એ પ્રમાણે જે આપણે કોઈ પણ યંત્ર એટલે મશીનને શક્તિનો અમુક જથ્થો આપીએ અને તે મશીનમાં કશી પણ શક્તિ વ્યર્થ ન જાય અથવા તે મશીનમાં કોઈ બીજા રૂપમાં કામ કરવામાં કશી પણ શક્તિ ન વપરાય, તો તે મશીન તેને જે શક્તિ આપવામાં આવી હતી તેની ચોક્કસ બરાબર શક્તિ તે પાછી આપશે; તે તેથી વધુ થા એાછી આપી શકશે નહીં.

ખરેખરી રીતે શક્તિ ખીલકુલ વ્યર્થ ન કરે એવાં મશીન બનાવવાં અશક્ય છે. પોતાને અમર્યા શોધક તરીકે ઓળખાવનારાઓએ જાન્યુકની ગતિ આપી શકે એવાં સાહિત્યો અથવા યંત્રો કે જેમાં આપેલાં કામ જેટલુંજ બલકે તેથી વધારે કામ મેળવે તેવાં યોજવામાં પૈસા અને વખતની ફેાકટમાં ખરબાદી કરી છે ! જ્યારે એક મશીન યાંત્રિક કામ કરવાને માટે વપરાય છે ત્યારે તે મશીનને ચલાવવા માટે અને તેના ખીજા ભાગ આગળ કામ કરાવવા માટે તેના એક ભાગ ઉપર અમુક જોર લાગુ પાડવું જોઈએ. આ લાગુ પાડેલાં જોર સાથે તે જોર જેટલાં અંતર સૂઢી કાર્ય કરે તે અંતરનો ગુણાકાર કરવાથી તે મશીનમાં આપેલું કામ મળે છે. આ કામનો કેટલોક ભાગ જર્નલ્સ (જેરીંગોમાં ટેકવાયલા શાફ્ટના ભાગો) અને ફલ્કમ્સ (ટેકણુ ઝિંદુઓ) આગળનાં ધર્ષણને લીધે, તથા ચાલતા ભાગો અને પવન અથવા હાઇડ્રોલીક મશીનની બાબદમાં પાણી વચ્ચેનાં ધર્ષણને લીધે નડતા કુદરતી અવરોધની સામે તે મશીનના જુદા જુદા ભાગો ગતિમાં માત્ર ચાલુ રાખવામાં ખર્ચ થવો જોઈએ. આવી રીતે ખર્ચ થયેલાં કામને વ્યર્થ ગયેલું કામ (lost work) કહેવામાં આવે છે. ધર્ષણના અવરોધોની સરેરાશ કિંમતને જે અંતર સૂઢી તેઓને દુર કરવામાં આવે છે તે અંતર વડે ગુણવાથી યંત્ર કામની રચના (mechanism)માં વ્યર્થ ગયેલું કામ મળે છે. સઘળાં મશીનો યોજતી વેળા જે મહત્વની બાબદ ધ્યાનમાં રાખવાની છે તે એ છે કે મશીનના પોતાના ભાગોની ગતિને નડતા અંદરના અવરોધો જેમ અને તેમ ઓછા કરી આ વ્યર્થ જતું કામ જેમ અને તેમ ઓછું કરવું. પણ વિદ્યાર્થીઓએ યાદ રાખવું જોઈએ કે આ ધર્ષણના અવરોધોનો કદી પણ ખીલકુલ નાશ કરી શકાતો નથી.

ત્યારે સઘળાં મશીનોને લાગુ પડતો કામનો નિયમ નીચે પ્રમાણે દર્શાવી શકાય :—મશીનમાં આપવામાં આવેલું કામ ખરાબર મશીનમાં વ્યર્થ ગયેલું કામ વત્તા મશીન વડે પાછું આપવામાં આવતું કામ, અથવા મશીનને પુરી પાડેલી શક્તિ ખરાબર મશીનમાં અંદરના અવરોધો દુર

કરવામાં વ્યર્થ ગયેલી શક્તિ વત્તા મશીને આપેલી ઉપયોગી શક્તિ, અથવા, મશીનને પુરી પાડેલી શક્તિ = વ્યર્થ ગયેલું કામ + ઉપયોગી કામ.

યંત્રનું કાર્યસાધકત્વ એટલે મશીનની એફીશીઅન્સી અથવા મોડ્યુલસ (**efficiency or modulus of a machine**) — મશીનમાં પુરી પાડેલી અથવા ખર્ચ કરેલી શક્તિ અથવા પુરાં પુડેલાં કામ સાથે મશીને આપેલાં ઉપયોગી કામનું જે પ્રમાણ આવે છે તેને “મશીનનું યાંત્રિક કાર્યસાધકત્વ” એટલે “મીકેનીકલ એફીશીઅન્સી” અથવા “મોડ્યુલસ” કહેવામાં આવે છે, અથવા મીકેનીકલ એફીશીઅન્સી = $\frac{\text{ઉપયોગી કામ}}{\text{પુરી પાડેલી શક્તિ}}$

જો આપણે મશીનના અંદરના ભાગોનું ધર્ષણ ધ્યાનમાં ન લઈએ તો પુરી પાડેલી શક્તિ બરાબર ઉપયોગી કામ મળશે, અને ત્યારે એફીશીઅન્સી બરાબર એક થશે.

યંત્ર વડે થતાં કામના દાખલાઓમાં મીકેનીકલ એફીશીઅન્સી એટલે યાંત્રિક કાર્યસાધકત્વ ધ્યાનમાં લેવાની અસર એ થાય છે કે પુરી પાડેલી શક્તિ વડે થયેલાં ઉપયોગી કામનો જથ્થો ઓછો થાય છે, અને આપેલું ઉપયોગી કામ કરવા માટે પુરી પાડવાની શક્તિનો જથ્થો વધે છે, કારણ કે ઉપર સમજાવ્યું તેમ

ઉપયોગી કામ = પુરી પાડેલી શક્તિ × એફીશીઅન્સી, અને

$$\text{પુરી પાડેલી શક્તિ} = \frac{\text{ઉપયોગી કામ}}{\text{એફીશીઅન્સી}}$$

એફીશીઅન્સી હમેશાં એકમ (૧) કરતાં ઓછી હોય છે તે ધ્યાનમાં રાખવું.

એક સાધારણ નિયમ તરીકે એક મશીનની મીકેનીકલ એફીશીઅન્સી જ્યારે તે મશીન લોડ વગર ખાલી ચાલે તેનાં કરતાં જ્યારે તે પુરેપુરા લોડ સાથે ચાલે ત્યારે વધુ હોય છે.

થર્મલ એફીશીઅન્સી (thermal efficiency)
 એટલે ઉષ્મા યંત્રોનું ઉષ્મા સંબંધી કાર્યસાધકત્વ—કોઈ પણ જાતનાં હીટ-પાવર-પ્લેન્ટ્સ (heat-power-plants એટલે ઉષ્ણતા વડે બળ ઉત્પન્ન કરનારાં યંત્રોના મુખ્ય સમુહો) પછી ગમે તો તે સ્ટીમ પાવર-પ્લેન્ટ, ગેસપાવર-પ્લેન્ટ કે ઓઇલ પાવર-પ્લેન્ટ હોય તેની બાબદમાં સ્ટીમ બોયલરના ચુલામાં કોલસા વડે, અથવા ગેસ અને ઓઇલ એન્જીનનાં કમ્પસ્ટશન એમ્પરમાં ગેસ અને તેલ વડે જે ઉષ્મા શક્તિ પુરી પાડવામાં આવે છે તે સઘળી ઉષ્મા શક્તિનું એન્જીનોનાં સીલીન્ડરમાં યાંત્રિક કામમાં રૂપાંતર થતું નથી, પણ તે શક્તિનો માત્ર થોડોકજ ભાગ યાંત્રિક કામમાં રૂપાંતર પામે છે એટલે ઉપયોગમાં આવે છે, બ્યારે બાકીનો મોટો ભાગ અંદરના આણુવિક અવરોધ દુર કરવામાં, તથા રેડીએશન, અને એક્ઝોસ્ટ વીગેરેમાં વ્યર્થ જાય છે, ત્યારે

પુરી પાડેલી કુલ ઉષ્મા શક્તિ = વ્યર્થ જતી ઉષ્મા શક્તિ + કામમાં રૂપાંતર થતી ઉપયોગી ઉષ્મા શક્તિ.

સ્ટીમ બોયલરના ચુલામાં કોલસા વડે, અથવા ગેસ અને ઓઇલ એન્જીનનાં કમ્પસ્ટશન એમ્પરમાં ગેસ અને તેલ વડે પુરી પાડેલી કુલ ઉષ્મા શક્તિ અથવા ઉષ્ણતાના જથ્થા સાથે સરખાવતાં સ્ટીમ, ગેસ અથવા ઓઇલ એન્જીનનાં સીલીન્ડરમાં જે ઉપયોગી ઉષ્ણતાના જથ્થાનું કામમાં રૂપાંતર થાય છે તે ઉષ્ણતાના જથ્થાનું જે પ્રમાણુ આવે છે તેને તે પાવર-પ્લેન્ટની “થર્મલ એફીશીઅન્સી” કહેવામાં આવે છે, અથવા

થર્મલ એફીશીઅન્સી = $\frac{\text{કામમાં રૂપાંતર થતી ઉપયોગી ઉષ્ણતા}}{\text{પુરી પાડેલી કુલ ઉષ્ણતા}}$

દાખલો ૧—એક યંત્રમાં બ્યારે ૧૮૦ ફુટ-પૌંડ શક્તિ પુરી પાડવામાં આવી છે ત્યારે તે ૧૨૫ ફુટ-પૌંડ ઉપયોગી કામ આપતું માલમ પડ્યું છે, તો તે મશીનની અંદરના ભાગોનાં ઘર્ષણના અવરોધોમાં કેટલું કામ વ્યર્થ ગયું હશે તે શોધો? અને વળી તે યંત્રનું કાર્યસાધકત્વ એટલે એફીશીઅન્સી અથવા મોડ્યુલસ શોધો?

$$\begin{aligned} \text{ચંત્રમાં વ્યર્થ ગયલું કામ} &= \text{પુરી પાડેલી શક્તિ—ઉપયોગી કામ} \\ &= ૧૮૦ - ૧૨૫ \\ &= \underline{૫૫ \text{ ફુટ-પૈંડ.}} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{એપ્રીશીઅન્સી} &= \frac{\text{ઉપયોગી કામ}}{\text{પુરી પાડેલી શક્તિ}} \\ &= \frac{૧૨૫}{૧૮૦} = \underline{૦.૬૯} \end{aligned}$$

દાખલો ૨—એક પમ્પીંગ એન્જીન વડે દર મીનીટ ૫૦૦૦ ગેલન પાણીને ૪૦ ફુટ ઉંચે ઉપાડવા માટે કેટલા હોર્સપાવર જોઈશે. આ કામમાં વપરાયેલી મશીનરીની એપ્રીશીઅન્સી .૬ છે.

એક મીનીટમાં પમ્પીંગ એન્જીન વડે આપવામાં આવતું ઉપયોગી કામ = $૫૦૦૦ \times ૧૦ \times ૪૦ = ૨૦૦૦૦૦૦$ ફુટ-પૈંડ.
આ આવેલું ઉપયોગી કામ પુરી પાડેલી શક્તિનો માત્ર $\frac{૬}{૧૦}$ ભાગ છે.

$$\text{એપ્રીશીઅન્સી} = \frac{\text{ઉપયોગી કામ}}{\text{પુરી પાડેલી શક્તિ}}$$

$$\therefore \text{પુરી પાડેલી શક્તિ} = \frac{\text{ઉપયોગી કામ}}{\text{એપ્રીશીઅન્સી}}$$

$$\text{એક મીનીટમાં પુરી પાડેલી શક્તિ} = \frac{૨૦૦૦૦૦૦}{.૬} = \underline{૩૩૩૩૩૩૩.૩ \text{ ફુ. - પૈંડ.}}$$

$$\therefore \text{હોર્સપાવર} = \frac{૩૩૩૩૩૩૩.૩}{૩૩૦૦૦} = \underline{૧૦૧ \text{ H. P.}}$$

દાખલો ૩—એક માણસ એક હેન્ડ-કેનને ચલાવતાં તેના ૧૪ ઇંચ લાંબા હાથા ઉપર ૩૦ પૈંડનું જોર લાગુ પાડે છે, અને તેમ કરતાં હાથાને તે દર મીનીટ ૯ આંટા ફેરવે છે. ૪ મીનીટમાં તે માણસ ૧૦ હેન્ડ્રેડવેટનું વજન ૫ ફુટ ઉંચે ઉપાડે છે, તો તે કેનની એપ્રીશીઅન્સી એટલે કાર્યસાધકતા શોધો ?

$$\begin{aligned} ૪ \text{ મીનીટમાં પસાર થતું અંતર} &= \frac{૧}{૬૬} \times ૨ \times \frac{૨૨}{૬} \times ૯ \times ૪ \\ &= ૨૬૪ \text{ ફુટ} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} ૪ \text{ મીનીટમાં પુરી પાડવામાં આવતી શક્તિ} &= ૩૦ \times ૨૬૪ \\ &= ૭૯૨૦ \text{ ફુટ-પૌંડ} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} ૪ \text{ મીનીટમાં મળતું ઉપયોગી કામ} &= ૧૦ \times ૧૧૨ \times ૫ \\ &= ૫૬૦૦ \text{ ફુટ-પૌંડ} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{એપ્રીશીયન્સી} &= \frac{\text{ઉપયોગી કામ}}{\text{પુરી પાડેલી શક્તિ}} \\ &= \frac{૫૬૦૦}{૭૯૨૦} = \underline{\underline{૦.૭૦૭}} \end{aligned}$$

દાખલો ૪—૨૦૦ ઈન્ડીકેટેડ હોર્સ પાવરનાં એક એન્જીન વડે ૧૪૦ ફુટની ઉંડાએથી દર કલાકે કેટલા ગેલન પાણી ઉપાડી શકાય ? એન્જીન અને પમ્પની એપ્રીશીયન્સી ૮૦ ટકા છે.

ધ રો કે W = એક કલાકમાં ઉપાડવામાં આવતું પાણીનું વજન પૌંડમાં.

$$\begin{aligned} \text{એક કલાકમાં મળતું ઉપયોગી કામ} &= W \times ૧૪૦ \\ &= ૧૪૦ W \text{ ફુટ-પૌંડ} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{એક કલાકમાં પુરી પાડવામાં આવેલી શક્તિ} &= ૨૦૦ \times ૩૩૦૦૦ \times ૬૦ \\ &\text{ફુટ-પૌંડ.} \end{aligned}$$

ઉપયોગી કામ = પુરી પાડવામાં આવતી શક્તિ \times એપ્રીશીયન્સી

$$\therefore ૧૪૦ W = ૨૦૦ \times ૩૩૦૦૦ \times ૬૦ \times \frac{૮૦}{૧૦૦}$$

$$\therefore W = \frac{૨૦૦ \times ૩૩૦૦૦ \times ૬૦ \times ૮૦}{૧૪૦ \times ૧૦૦}$$

$$= ૨૨૬૨૮૫૭ \text{ પૌંડ}$$

એક કલાકમાં ઉપાડવામાં આવતો પાણીનો જથ્થો

$$\begin{aligned} \text{ગેલનમાં} &= \frac{૨૨૬૨૮૫૭}{૧૦} = \underline{\underline{૨૨૬૨૮૫.૭ \text{ ગેલન}}} \end{aligned}$$

દાખલો ૫—એક સ્ટીમરનાં એન્જિન અને બોયલર (સ્ટીમ પાવર પ્લેન્ટ) દર કલાકે બોયલરના ચુલામાં ૨ પૈંડ કોલસો ખપાવી એક હોર્સપાવર ઉત્પન્ન કરી શકે છે. કોલસાનો કેલોરીશીક પાવર (calorific power એટલે ઉષ્ણતા ઉત્પન્ન કરવાની શક્તિ) દર પૈંડ દીઠ ૧૪૫૦૦ બ્રીટીશ થર્મલ યુનીટ (ઉષ્ણતાના એકમ) છે, તો તે એન્જિન અને બોયલર (સ્ટીમ પાવર પ્લેન્ટ)ની થર્મલ એફીશીયન્સી શોધો ?

બોયલરના ચુલામાં દર કલાકે પુરો પાડવામાં આવતો ઉષ્ણતાને
જથ્થો = ૨ × ૧૪૫૦૦ = ૨૯૦૦૦ B. T. U.

$$\begin{aligned} \text{એક કલાકમાં થતું કામ} &= ૩૩૦૦૦ \times ૬૦ \\ &= ૧૯૮૦૦૦૦ \text{ ફુટ-પૈંડ.} \end{aligned}$$

$$૧ \text{ B. T. U.} = ૭૭૮ \text{ ફુટ-પૈંડ કામ}$$

$$\begin{aligned} \therefore \text{એક કલાકમાં એન્જિનનાં સીલીન્ડરમાં કામમાં રૂપાંતર થતો} \\ \text{ઉપયોગી ઉષ્ણતાનો જથ્થો} &= \frac{૧૯૮૦૦૦૦}{૭૭૮} \\ &= ૨૫૪૫ \text{ B. T. U.} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{થર્મલ એફીશીયન્સી} &= \frac{\text{કામમાં રૂપાંતર થયેલી ઉપયોગી ઉષ્ણતા}}{\text{પુરી પાડેલી કુલ ઉષ્ણતા}} \\ &= \frac{૨૫૪૫}{૨૯૦૦૦} = ૦.૦૮૭૭ \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \therefore \text{થર્મલ એફીશીયન્સી ટકામાં} &= ૦.૦૮૭૭ \times ૧૦૦ \\ &= \underline{\underline{૮.૭૭ \text{ ટકા}}} \end{aligned}$$

એટલે કોલસાએ બોયલરના ચુલામાં પુરા પાડેલા ૧૦૦ B. T. U. દીઠ એન્જિનનાં સીલીન્ડરમાં માત્ર ૮.૭૭ B. T. U. (ઉષ્ણતાનાં એકમ)નું કામમાં રૂપાંતર થાય છે.

દાખલો ૬—૬ હોર્સપાવરની એક સ્ટીમ કેન એક કલાકમાં ૩૦ ટન વજન કેટલી ઉંડાઈએથી ઉપાડી શકશે ? કેનની એફીશીયન્સી ૦.૬ છે.

એક કલાકમાં પુરી પાડેલી શક્તિ = $૬ \times ૩૩૦૦૦ \times ૬૦$ ફુટ-પૌંડ
ધારોકે $S =$ જોઈતી ઉડાઈ ફુટમાં.

ત્યારે, એક કલાકમાં મળતું ઉપયોગી કામ = $૩૦ \times ૨૨૪૦ \times S'$ ફુટ-પૌંડ.

ઉપયોગી કામ = પુરી પાડેલી શક્તિ \times એફીશીયન્સી.

$$૩૦ \times ૨૨૪૦ \times S' = ૬ \times ૩૩૦૦૦ \times ૬૦ \times .૬$$

$$\therefore S' = \frac{૬ \times ૩૩૦૦૦ \times ૬૦ \times ૬}{૩૦ \times ૨૨૪૦ \times ૧૦} = \underline{૧૦૬.૦૭ \text{ ફુટ}}$$

દાખલો ૭—એક સ્ટીમ એન્જીનના પીસ્ટનનો વ્યાસ ૨૦ ઇંચ છે, વરાળનું સરેરાશ દબાણ દર ચોરસ ઇંચ દીઠ ૬૦ પૌંડ છે, સ્ટ્રોકની લંબાઈ ૩૦ ઇંચ, અને દર મીનીટ આંટાની સંખ્યા ૨૦ છે. તે એન્જીન ૧૦૦ ધનફુટ પાણી એક મીનીટમાં ૮૦ ફુટની ઉંચાઈએથી ઉપાડવા શક્તિમાન છે, તો એફીશીયન્સી શોધો ?

એક મીનીટમાં પુરી પાડેલી શક્તિ = $૬૦ \times ૨૦ \times ૨૦ \times ૦.૭૮૫૪$
 $\times ૨.૫ \times ૨૦ \times ૨$ ફુટ પૌંડ.

એક મીનીટમાં મળતું ઉપયોગી કામ = $૧૦૦ \times ૬૨.૫ \times ૮૦$ ફુટ-પૌંડ.

$$\therefore \text{એફીશીયન્સી} = \frac{૧૦૦ \times ૬૨.૫ \times ૮૦}{૬૦ \times ૨૦ \times ૨૦ \times ૦.૭૮૫૪ \times ૨.૫ \times ૨૦ \times ૨} = \underline{.૨૬૫}$$

અથવા, એફીશીયન્સી ટકામાં = $.૨૬૫ \times ૧૦૦ = \underline{૨૬.૫ \text{ ટકા}}$

દાખલો ૮—એક સ્ટીમ એન્જીનની થર્મલ એફીશીયન્સી ૧૬ ટકા છે, અને તેજ વેળાએ તેની સાથનાં બોયલરની એફીશીયન્સી ૬૦ ટકા છે, તો એન્જીન અને બોયલરની સંયુક્ત એફીશીયન્સી કેટલા ટકા હશે ? જો ઉપલા સ્ટીમ પાવર પ્લેન્ટમાં ૧૨ કલાકના એક દીવસમાં ૭ ટન કોલસો ખપે, અને કોલસાનો કેલોરીફીક પાવર દર પૌંડ દીઠ ૧૪૫૦૦ ઉષ્ણતાના એકમ હોય તો તે પાવર પ્લેન્ટનાં હોર્સપાવર શોધો ?

બોયલરની એફીશીયન્સી ૬૦ ટકા છે, એટલે બોયલરના સુલામાં કોલસા વડે પુરા પાડેલા ૧૦૦ ઉષ્ણતાના એકમ દીઠ માત્ર ૬૦

ઉષ્ણતાના એકમ બોયલરમાંનાં પાણીને વરાળ ઉત્પન્ન કરવા માટે મળે છે, અને બાકી ૪૦ એકમ રેડીએશન, કન્ડક્શન, વીગેરેમાં વ્યર્થ જાય છે. ત્યારે પુરા પાડેલા ૧૦૦ ઉષ્ણતાના એકમમાંથી માત્ર ૬૦ ઉષ્ણતાના એકમ વરાળ મારફતે એન્જીનનાં સીલીન્ડરમાં જાય છે.

હવે એન્જીનની પોતાની એપ્રીશીઅન્સી ૧૬ ટકા છે, એટલે એન્જીનનાં સીલીન્ડરમાં વરાળ મારફતે પુરા પાડેલા ૧૦૦ ઉષ્ણતાના એકમમાંથી માત્ર ૧૬ ઉષ્ણતાના એકમનું કામમાં રૂપાંતર ચાય છે. પણ અત્રે વરાળ મારફતે ૬૦ ઉષ્ણતાના એકમ સીલીન્ડરમાં પુરા પાડેલા છે, ત્યારે,

૧૦૦ : ૬૦ :: ૧૬ : એન્જીનમાં કામમાં રૂપાંતર થતો ઉષ્ણતાનો જથ્થો.

∴ બોયલરમાં પુરા પાડેલા ૧૦૦ B. T. U. દીઠ સીલીન્ડરમાં

કામમાં રૂપાંતર થતા ઉષ્ણતાના એકમ = $\frac{૬૦ \times ૧૬}{૧૦૦} = ૯.૬$ B. T. U.

ત્યારે સંયુક્ત થર્મલ એપ્રીશીઅન્સી = $\frac{૯.૬}{૧૦૦} = \underline{૯.૬}$ ટકા

એક મીનીટમાં અપતો કોલસાનો જથ્થો પૌંડમાં = $\frac{૭ \times ૨૨૪૦}{૧૨ \times ૬૦} = ૨૧.૭૭$ પૌંડ.

એક મીનીટમાં બોયલરના ચુલામાં કોલસા વડે પુરા પાડેલો ઉષ્ણતાનો જથ્થો = $૨૧.૭૭ \times ૧૪૫૦૦ = ૩૧૫૬૬૫$ B. T. U.

સીલીન્ડરમાં એક મીનીટમાં યાંત્રિક કામમાં રૂપાંતર થતો ઉષ્ણતાનો જથ્થો = $\frac{૩૧૫૬૬૫ \times ૯.૬}{૧૦૦}$ B. T. U.

∴ એક મીનીટમાં ઉષ્ણતા વડે મળતો યાંત્રિક કામનો જથ્થો

ફુટ-પૌંડમાં = $\frac{૩૧૫૬૬૫ \times ૯.૬}{૧૦૦} \times ૭૭૮ = ૨૩૫૭૬૩૮૭.૫૨$ ફુટ-પૌંડ.

∴ હોર્સપાવર = $\frac{૨૩૫૭૬૩૮૭.૫૨}{૩૩૦૦૦} = \underline{૭૧૪.૪}$ H. P.

દાખલો ૯—એક હાઇડ્રોલીક કેનને દર ચોરસ ઇંચ દીઠ ૭૫૦ પૌંડનાં દબાણવાળું પાણી પુરું પાડવામાં આવે છે, અને તે ૧૬ ફુટની ઉંચાઈએ ૩ ટનનું વજન ઉપાડવા માટે ૩ ધનફુટ પાણીનો ઉપયોગ કરે છે તો તે કેનની એપ્રીશીઅન્સી શોધો ?

દર ચો. ઇંચ દીઠ ૭૫૦ પૌંડનાં દબાણવાળાં એક ધનફુટ પાણી વડે થતું કામ = ૭૫૦ × ૧૪૪ × ૧ ફુટ-પૌંડ.

∴ ૩ ધનફુટ પાણી વડે કેનને પુરી પાડેલી શક્તિ = ૭૫૦ × ૧૪૪ × ૧ × ૩ = ૩૨૪૦૦૦ ફુટ-પૌંડ.

મળતું ઉપયોગી કામ = ૩ × ૨૨૪૦ × ૧૬
= ૧૦૭૫૨૦ ફુટ-પૌંડ.

$$\therefore \text{એપ્રીશીઅન્સી} = \frac{૧૦૭૫૨૦}{૩૨૪૦૦૦} = \underline{\underline{૦.૩૩૨}}$$

શક્તિનાં જુદાં જુદાં રૂપો — એનર્જી એટલે શક્તિનાં જે મુખ્ય રૂપોનું એનર્જીનીયરોને કામ પડે છે તે “પોટેન્શીઅલ એનર્જી” (Potential energy) એટલે ઉપપન્ન શક્તિ અને “કાઈનેટીક એનર્જી” (Kinetic energy) એટલે ગમનશીળ શક્તિ છે.

પોટેન્શીઅલ એનર્જી એટલે ઉપપન્ન શક્તિ—જ્યારે એ પદાર્થો અથવા એકજ પદાર્થના એ ભાગો ઉપર જોર અથવા જોરો કાર્ય કરી તેમનાં સ્થાનોમાં ફેરફાર કરવાનું વલણ કરે ત્યારે તે એ પદાર્થોમાંનાં એક પદાર્થ સાથે સંબંધમાં લેતાં બીજા પદાર્થનાં સ્થાનને લીધે અથવા તે એકજ પદાર્થના એ ભાગોમાંના એક ભાગ સાથે સંબંધમાં લેતાં બીજા ભાગનાં સ્થાનને લીધે જે શક્તિ તે પદાર્થ અથવા ભાગમાં એકઠી થાય છે તેને “ પોટેન્શીઅલ એનર્જી ” કહે છે. દાખલા તરીકે, એક પદાર્થને જમીનથી ઉંચાઈએ ઉપાડેલો હોય ત્યારે તેમાં જમીન સાથે સંબંધમાં લેતાં તે પદાર્થનાં સ્થાનને લીધે તેમાં પોટેન્શીઅલ એનર્જી સમાયલી હોય છે. એક દબાયેલી સ્પ્રીંગમાં

પોતેન્શીઅલ એનર્જી સમાયલી હોય છે, કારણ કે જો તે સ્પ્રીંગને તે ઉપરનું દબાણ ઉઠાવી લઈ તેનો અસલ આકાર લેવા દેવામાં આવે તો તે કામ આપી શકશે. તેજ પ્રમાણે દબાયેલી હવા (compressed air) માં પોતેન્શીઅલ એનર્જી સમાયલી હોય છે. કોલસાના ટુકડામાં એકઠી થયેલી શક્તિ પોતેન્શીઅલ એનર્જી છે; અને કોલસાનાં તત્ત્વો (elements) નાં અણુઓ (atoms) અને હવાનાં ઓક્સીજનનાં અણુઓ એક બીજાં સાથે એકઠાં થઈ મિશ્ર થાય છે અને ગરમી ઉત્પન્ન કરે છે, કે જે ગરમીનું કામમાં ઉપાંતર કરી શકાય. પોતેન્શીઅલ એનર્જી = વજન × ઉંચાઈ = $W \times H$ ફુટ-પૌંડ.

કાઈનેટીક એનર્જી (kinetic energy) એટલે ગમન-શીળ શક્તિ—જ્યારે એક પદાર્થ ગતિમાં હોય છે ત્યારે તેમાં કાઈનેટીક એનર્જી સમાયલી હોય છે, અને તે સ્થિર થતી વેળા યાંત્રિક કામ તરીકે પાછી આપી શકે છે. દરીઆની સપાટીથી ૧૦૦ ફુટ ઉંચાઈએ આવેલાં એક ગેલન સ્થાઈ પાણીમાં $10 \times 100' = 1000$ ફુટ-પૌંડ પોતેન્શીઅલ એનર્જી સમાયલી હોય છે, અને જો આ પાણીને દરીઆની સપાટી સુધી રસ્તામાં કશું પણ કામ કર્યા સિવાય છુટ્ટી નીચે પડવા દેવામાં આવે તો તેનાં પડતી વેળાનાં દરેક સ્થાને તેમાં ૧૦૦૦ ફુટ-પૌંડ શક્તિ સમાયલી હશે. પણ જેમ જેમ તે નીચે આવતું જશે તેમ તેમ તેની પોતેન્શીઅલ એનર્જી ઘટતી જશે, અને ૧૦૦૦ ફુટ-પૌંડમાંની બાકી રહેલી શક્તિ તે પાણીમાં કાઈનેટીક એનર્જી તરીકે એકઠી થશે. જ્યારે એક ગેલન પાણી ૨૫ ફુટ નીચે પડ્યું છે ત્યારે તેની પોતેન્શીઅલ એનર્જી ઘટીને ૭૫૦ ફુટ-પૌંડ રહેશે, અને ત્યારે તેની કાઈનેટીક એનર્જી ૨૫૦ ફુટ-પૌંડ થશે. ટુંકમાં એક ઉપાડેલા પદાર્થમાં પોતેન્શીઅલ એનર્જી સમાયલી હોય છે, અને જો તે પદાર્થને છુટ્ટી નીચે પડવા દેવામાં આવે, અને તે દરમ્યાન કોઈપણ અવરોધ સામે તે કામ ન કરે તો તે પોતેન્શીઅલ એનર્જી તેની ચોક્કસ અવરોધના કાઈનેટીક એનર્જીના

જથ્થામાં રૂપાંતર થશે. કાઈનેટીક એનર્જી $= \frac{Wv^2}{2g}$, એમાં $W =$ વજન પૈંડમાં, $v =$ દર સેકન્ડે વજનની ગતિની ઝડપ ફુટમાં, અને $g = ૩૨$ છે. કાઈનેટીક એનર્જીને લગતા દાખલાઓ ત્રીજા ભાગમાં સમજાવવામાં આવશે.

હીટ એનર્જી (heat energy) અથવા થર્મલ (thermal) એનર્જી એટલે ઉષ્મા શક્તિ—એ શક્તિનું એક રૂપ છે, જેનું યાંત્રિક કામમાં રૂપાંતર થઈ શકે છે. આપેલા ઉષ્ણતાના જથ્થાની બરાબરનો યાંત્રિક કામનો જથ્થો ઘણી ચોક્કસાઈ સાથે હો. જુલ (Joules) અને બીજાઓના પ્રયોગો ઉપરથી જાણીતો છે. જે ૭૭૮ ફુટ-પૈંડ યાંત્રિક કામના જથ્થા ને ઉષ્ણતામાં ઉપાંતર કરવામાં આવે, અને તે સઘળા ઉષ્ણતાના જથ્થાને એક પૈંડ પાણીમાં પસાર કરવામાં આવે તો તે ઉષ્ણતાનો જથ્થો તે પાણીનું ઉષ્મમાન એટલે ટેમ્પરેચર (temperature) એક અંશ (એટલે ડીગ્રી degree) ફેરનહાઈટ જેટલું ચઢાવશે. એક પૈંડ પાણી જ્યારે તેની મહત્તમ સાંદ્રતા (maximum density) એટલે વધુમાં વધુ ઘટી રહ્યો છે એ હોય ત્યારે તેનું ઉષ્મમાન (ટેમ્પરેચર) એક અંશ (ડીગ્રી) F વધારવા માટે એટલે ૩૨^{થી} ૪૦° F સુધી વધારવા માટે જે ઉષ્ણતાનો જથ્થો જોઈએ તેને “બ્રીટીશ થર્મલ યુનીટ” ટુંકમાં B. T. U. એટલે “ફેરનહાઈટ ઉષ્ણતાનો એકમ” કહે છે. ટુંકમાં ૭૭૮ ફુટ-પૈંડ = ૧ બ્રીટીશ થર્મલ યુનીટ એટલે ફેરનહાઈટ સ્કેલ ઉપરથી ગણેલો ઉષ્ણતાનો એકમ, અને ૧૪૦૦ ફુટ-પૈંડ = ૧ સેન્ટીગ્રેડ થર્મલ યુનીટ એટલે સેન્ટીગ્રેડ સ્કેલ ઉપરથી ગણેલો ઉષ્ણતાનો એકમ.

ઈલેક્ટ્રીકલ એનર્જી એટલે વિદ્યુત શક્તિ અથવા વિજળીક શક્તિ—આ શક્તિને “દર કલાકે ઉત્પન્ન થતા અથવા ખર્ચ થતા કીલોવૉટ” (kilowatt) માં માપવામાં આવે છે. કીલોવૉટ” એ વિજળીક શક્તિનો એકમ છે. જેમ વરાળ અથવા પાણીનું દબાણ હોય.

છે તેમ વિજળીના પ્રવાહનું પણ દબાણ હોય છે જેને ઇલેક્ટ્રો-મોટીવ ફોર્સ” (E. M. F.) કહેવામાં આવે છે. અને તેને “વોલ્ટ” (volt)માં માપવામાં આવે છે. વિજળીક પ્રવાહના બળ અથવા જે જથ્થા સાથે તે પ્રવાહ વહે છે તે જથ્થાને “એમ્પીઅર” (ampere)માં માપવામાં આવે છે. એક વોલ્ટનાં વિજળીક દબાણે એક એમ્પીઅરના પ્રવાહની શક્તિને એક “વૉટ” કહેવામાં આવે છે. ત્યારે વોલ્ટ \times એમ્પીઅર = વૉટ (watt) છે. આ વિજળીક શક્તિનું યાંત્રિક કામમાં રૂપાંતર થઈ શકે છે. ૭૪૬ વોટ બરાબર એક યાંત્રિક હોર્સપાવર છે. ૧૦૦૦ વોટ બરાબર ૧ કીલોવૉટ છે, અને વિજળીક એકમ અથવા બોર્ડ ઓફ ત્રેડનો એકમ બરાબર એક કલાકમાં ખર્ચ થયેલી ૧૦૦૦ વૉટ વિજળીક શક્તિ છે જેને એક “કીલોવૉટ—અવર” કહેવામાં આવે છે.

શક્તિની ખોટ—એ તો સ્પષ્ટ રીતે સમજવું જોઈએ કે શક્તિનું એક રૂપમાંથી બીજા રૂપમાં રૂપાંતર થતાં નવા રૂપમાં તે શક્તિનો જથ્થો આગલાં રૂપના જથ્થાની બરાબર કદી પણ મેળવી શકાતો નથી, પણ રૂપાંતર કરતી વેળા તે શક્તિનો અમુક ભાગ અવરોધ તથા બીજાં કારણોમાં વ્યર્થ જાય છે. આ વિષે પુરતો ખ્યાલ આપવા માટે આપણે એક “વરાળચંત્ર વડે વિજળીક બળ ઉત્પન્ન કરનારાં ચંત્રાના સમૂહ (steam electric power plant)નો દાખલો લઈએ. ધારો કે બોયલરના ચુલામાં કોલસા વડે ૧૦૦ એકમ શક્તિ (ઉષ્ણતાના એકમ) આપી છે, તો આ શક્તિના આસરે ૭૫ એકમ વરાળમાં દાખલ થશે, બ્યારે બાકીના ૨૫ એકમ ધુવેા તથા ગરમ વાયુના ચીમની તરફ જવાના માર્ગમાં અથવા રેડીએશન અને બીજા કારણો વડે વ્યર્થ જાય છે. વરાળ મારફતે આ ૭૫ એકમ એન્જીનમાં જાય છે અને ત્યાં આસરે ૬ એકમનું યાંત્રિક શક્તિમાં રૂપાંતર થશે, અને બાકીના ૬૯ એકમ વ્યર્થ જશે. આ યાંત્રિક શક્તિના ૬ એકમ ડાયનામો (dynamo વિજળીક શક્તિ ઉત્પન્ન કરનાર યત્ર અથવા યાંત્રિક

શક્તિનું વિજળીક શક્તિમાં રૂપાંતર કરનાર યંત્ર)ને મળે છે, જે આસરે ૫ એકમ ઘરાઘરની વિજળીક શક્તિ ઉત્પન્ન કરશે, અને એક એકમ વ્યર્થ જશે. જે આ ૫ એકમ ઘરાઘરની વિજળીક શક્તિનું ઇલેક્ટ્રીક મોટર (વીજળીક શક્તિનું યાંત્રિક શક્તિમાં રૂપાંતર કરનાર યંત્ર) વડે યાંત્રિક શક્તિમાં રૂપાંતર કરવામાં આવે તો લગભગ ૪.૫ એકમ મળશે. આ રીતે આપણે મૂળ શક્તિના આસરે ૪.૫ ટકાનો ઉપયોગ કર્યો છે, બ્યારે બાકી ૯૫.૫ ટકા વ્યર્થ ગયા છે.

દાખલો ૧૦—૧૦ હંડ્રેડવેટના પાઇલિ ડ્રાઇવરને ૮ ફુટ ઉંચાઈએ ઉપાડવામાં આવે તો તેમાં કેટલી શક્તિ સમાયલી હશે? આ શક્તિ કઈ જાતની છે તે જણાવો.

ઉપાડેલા પાઇલિ ડ્રાઇવરમાં “ પોટેન્શીઅલ એનર્જી ” સમાયલી હોય છે.

$$\text{પોટેન્શીઅલ એનર્જી} = ૧૦ \times ૧૧૨ \times ૮ = \underline{૮૯૬૦ \text{ ફુટ-પૌંડ.}}$$

દાખલો ૧૧—એક પાઇલિ ડ્રાઇવરના મંકીનું વજન ૧૫ હંડ્રેડવેટ છે, અને તે ૬ ફુટની ઉંચાઈએથી નીચે પડી પાઇલિ ઉપર ફટકો લગાવે છે. આ ફટકાથી પાઇલિ જમીનમાં ૪ ઇંચ નીચે ઉતરે છે, તો પાઇલિની ગતિની સામે નડતો જમીનનાં ધર્ષણનો સરેરાશ અવરોધ કેટલો હશે?

પાઇલિને જમીનમાં ઉતારતાં થતું કામ = પાઇલિ ડ્રાઇવરના મંકીમાં તેની ઉંચાઈને લીધે તેમાં એકઠી થયલી પોટેન્શીઅલ એનર્જી કે જે પાઇલિ સાથે મંકી અઠડાતાં તુરત કાઇનેટીક એનર્જીમાં રૂપાંતર પામે છે તે + પાઇલિ સાથે મંકી અઠડાયા પછી મંકી વધુ નીચે પડતાં થતું કામ.

પાઇલિને જમીનમાં ઉતારતાં થતું કામ = જમીનનાં ધર્ષણનો અવરોધ $R \times$ જેટલી ઉંચાઈએ પાઇલિ નીચે ઉતરે તે અંતર =

$$R \times \frac{૪}{૧૨} = \frac{R}{૩} \text{ ફુટ-પૌંડ.}$$

પાઈલ ડ્રાઈવરના મંકીમાં સમાયલી પોતેન્શીઅલ એનર્જી =
 $W \times H = ૧૫ \times ૧૧૨ \times ૬ = ૧૦૦૮૦$ ફુટ-પૌંડ.

પાઈલ સાથે મંકી અઠડાયા પછી મંકી વધુ નીચે પડતાં થતું
 કામ = $W \times h = \frac{૧૫ \times ૧૧૨ \times ૪}{૧૨} = ૫૬૦$ ફુટ-પૌંડ.

$$\therefore \frac{R}{૩} = ૧૦૦૮૦ + ૫૬૦$$

$$= ૧૦૬૪૦$$

$$\therefore R = ૧૦૬૪૦ \times ૩$$

$$= ૩૧૯૨૦ \text{ પૌંડ.}$$

દાખલો ૧૨—એક સ્ટીમ એન્જીન ૨૫ હોર્સપાવર ઉત્પન્ન
 કરે છે, તો દર મીનીટ કેટલી ઉષ્મા શક્તિનું કામમાં રૂપાંતર થતું હશે?
 ૭૭૮ ફુટ-પૌંડ = ૧ B. T. U.

$$\text{ઉપયોગી ઉષ્મા શક્તિ} = \frac{૨૫ \times ૩૩૦૦૦}{૭૭૮}$$

$$= ૧૦૬૦.૪ \text{ B. T. U.}$$

દાખલો ૧૩—૩ પૌંડ પાણીની ટેમ્પરેચર ૫૦° F ઉપરથી
 ૧૨૦° F સુધી વધારવામાં કેટલા એકમ યાંત્રિક શક્તિનું રૂપાંતર થશે?
 ૩ પૌંડ પાણીને આપવામાં આવતો ઉષ્ણતાનો જથ્થો
 $= ૩ (૧૨૦ - ૫૦) = ૨૧૦ \text{ B. T. U.}$

$$\text{યાંત્રિક શક્તિ} = ૨૧૦ \times ૭૭૮ = ૧૬૩૩૮૦ \text{ ફુટ-પૌંડ.}$$

દાખલો ૧૪—નીચે આપેલી શક્તિઓ ફુટ-પૌંડમાં દર્શાવો:—

- (૧) ૧.૬ ટનનું વજન ૧૨ ફુટની ઉંચાઈએથી નીચે પડે.
- (૨) દર સેકન્ડે ૧૨૦૦ ફુટની ઝડપે ચાલતા ૧૦૦ પૌંડ વજનના પદાર્થની કઈનેટીક એનર્જી.
- (૩) ૨ હોર્સપાવર-અવર

(૪) વાતાવરણનાં દબાણની વરાળની ગભિત ઉષ્ણતા (લેટન્ટ હીટ latent heat.)

(૫) ૩ કીલોવૉટ-અવર અથવા ઓર્ડ ઓફ ત્રેડ ઇલેક્ટ્રીક યુનીટ.

(૬) એક ધનપુટ પ્રોડ્યુસર ગેસની કેલોરીફીક એનર્જી કે જે ૯૫ સેન્ટીગ્રેડ હીટ યુનીટ્સ (સેન્ટીગ્રેડ થર્મોમીટરના સ્કેલ ઉપરથી લીધેલા ઉષ્ણતાના એકમ) છે.

(૧) - પોટેન્શીઅલ એનર્જી પુટ-પૌંડમાં

$$= ૧૦૬ \times ૨૨૪૦ \times ૧૨ = \underline{૪૩૦૦૮ \text{ પુટ-પૌંડ.}}$$

(૨) - કાઇનેટીક એનર્જી = $\frac{Wv^2}{૨g}$, એમાં W = વજન પૌંડમાં,

v = દર સેકન્ડે ગતિ પુટમાં, અને g = ગુરુત્વાકર્ષણને લીધે ઝડપમાં થતો સરેરાશ ફેરફાર જે એક સેકન્ડમાં દર સેકન્ડ દીઠ ૩૨.૨ પુટ છે, એટલે ટુંકમાં g = ૩૨.૨

$$\therefore \text{કાઇનેટીક એનર્જી પુટ-પૌંડમાં} = \frac{૧૦૦ \times ૧૨૦૦ \times ૧૨૦૦}{૨ \times ૩૨.૨}$$

$$= \underline{૨૨૩૬૦૨૫ \text{ પુટ પૌંડ}}$$

(૩) - ૨ હોર્સપાવર-અવરની શક્તિ પુટ-પૌંડમાં

$$= ૨ \times ૩૩૦૦૦ \times ૬૦ = \underline{૩૯૬૦૦૦૦ \text{ પુટ-પૌંડ.}}$$

(૪) - વાતાવરણનાં દબાણની વરાળની ગભિત

ઉષ્ણતા ૯૬૬.૬ B. T. U. છે,

$$\therefore \text{પુટ-પૌંડ} = ૯૬૬.૬ \times ૭૭૮$$

$$= \underline{૭૫૨૦૧૪.૮ \text{ પુટ-પૌંડ.}}$$

(૫) - ૧ કીલોવૉટ-અવર = ૧૦૦૦ વૉટ-અવર

એટલે ૧ કલાકમાં ૧૦૦૦ વૉટ.

૭૪૬ વૉટ-અવર = ૧ હોર્સપાવર-અવર

એટલે ૧ કલાકમાં ૧ હોર્સપાવર,

$$\begin{aligned} \text{અને ૧ હોર્સપાવર-અવર} &= ૩૩૦૦૦ \times ૬૦ \\ &= ૧૯૮૦૦૦૦ \text{ ડ્યુટ-પૈંડ.} \end{aligned}$$

$$૩ કીલોવૉટ-અવર = ૧૦૦૦ \times ૩ = ૩૦૦૦ \text{ વૉટ-અવર.}$$

$$\therefore \text{હોર્સપાવર-અવર} = \frac{૩૦૦૦}{૭૪૬}$$

$$\begin{aligned} \therefore \text{ડ્યુટ-પૈંડ} &= \frac{૩૦૦૦}{૭૪૬} \times ૧૯૮૦૦૦૦ \\ &= \underline{૭૯૬૪૦૦૦ \text{ ડ્યુટ-પૈંડ.}} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} (૬) - ૧ \text{ સેન્ટીગ્રેડ થર્મલ (હીટ) યુનીટ C. T. U.} \\ &= ૧૪૦૦ \text{ ડ્યુટ-પૈંડ.} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \therefore ૯૫ \text{ C. T. U. ડ્યુટ-પૈંડમાં} &= ૯૫ \times ૧૪૦૦ \\ &= \underline{૧૩૩૦૦૦ \text{ ડ્યુટ-પૈંડ.}} \end{aligned}$$

દાખલો ૧૫—એક ઇલેક્ટ્રીક મોટરને ૨૨૦ વોલ્ટનો ઇલેક્ટ્રીક કરન્ટ એટલે વિનળીક પ્રવાહ પુરો પાડવામાં આવે છે, અને તેમાં ૧૫૦ એમ્પીઅર લેવામાં આવે છે, તો આ કેટલા હોર્સપાવર દર્શાવશે ? જો આ પાવરને દરરોજ સરાસરી ૬.૫ કલાક પ્રમાણે ૩૧૩ દિવસનાં એક આખાં વર્ષ સુધી વાપરવામાં આવે, અને ઇલેક્ટ્રીક પાવર દર બોર્ડ ઓફ ત્રેડ યુનીટ દીઠ ૩ પેન્સની કિંમતે પુરો પાડવામાં આવે તો કુલ કેટલો ખર્ચ આવશે ?

$$\text{વૉટ} = \text{વોલ્ટ} \times \text{એમ્પીઅર.}$$

$$\therefore \text{ખર્ચ કરવામાં આવતા વૉટ} = ૨૨૦ \times ૧૫૦ = ૩૩૦૦૦ \text{ વૉટ}$$

$$\therefore \text{હોર્સપાવર} = \frac{૩૩૦૦૦}{૭૭૮} = \underline{૪૪.૨૪ \text{ H. P.}}$$

$$\begin{aligned} \text{આખાં વર્ષ દરમ્યાન ચાલુ (working) કલાકો} &= ૬.૫ \times ૩૧૩ \\ &= ૨૦૩૪.૫ \text{ કલાક.} \end{aligned}$$

$$\therefore \text{આખાં વર્ષમાં ખપતો ઇલેક્ટ્રીક પાવર} = ૩૩૦૦૦ \times ૨૦૩૪.૫ \text{ વૉટ-અવર.}$$

$$\therefore \text{ખર્ચ થતા બોર્ડ ઓફ ટ્રેડ યુનીટ} = \frac{૩૩૦૦૦ \times ૨૦૩૪.૫}{૧૦૦૦}$$

$$= ૬૭૧૩૮.૫ \text{ કીલોવૉટ અવર}$$

K. W. H.

$$\therefore \text{આખાં વર્ષમાં થતો ખર્ચ} = ૬૭૧૩૮.૫ \times ૩$$

$$= ૨૦૧૪૧૫.૫ \text{ પેન્સ}$$

$$= \underline{\underline{૮૩૯.૨૩ \text{ પૌંડ}}}$$

એકસર્સાઈઝ ૧૧મી.

૧. એક મશીનમાં એક કારીગર ૧૮ ફુટને અંતરે ૪૦ પૌંડનું ભેર લાગુ પાડી ૨.૫ હંડ્રેડવેટનું વજન ૧૫ ઈંચની ઉંચાઈએ ઉપાડે છે, તો તે મશીનની એપ્રીશીઅન્સી એટલે કાર્યસાધકત્વ કેટલું હશે ?

૨. એક માણસ એક હેન્ડ કેનને ચલાવતાં તેના ૧૨ ઈંચ લાંબા હાથા ઉપર ૩૫ પૌંડનું ભેર લાગુ પાડે છે, અને તેમ કરતાં હાથાને તે દર મીનીટે ૭ આંટા ફેરવે છે. જો કેનની એપ્રીશીઅન્સી ૫૬ ટકા હોય તો ૫ મીનીટમાં તે માણસ ૪ હંડ્રેડવેટનું વજન કેટલા ફુટ ઉંચાઈએ ઉપાડી શકશે ?

૩. એક એન્જીનના પીસ્તનનો વ્યાસ ૧૩ ઈંચ છે. વરાળનું સરેરાશ દબાણુ દર ચોરસ ઈંચ દીઠ ૩૫ પૌંડ છે. સ્ટ્રોકની લંબાઈ ૨ ફુટ છે, અને દર મીનીટે આંટાની સંખ્યા ૧૨૦ છે. આ એન્જીન એક પમ્પને પટાની મદદ વડે ચલાવે છે. પટા દર મીનીટે ૨૪૦૦ ફુટની ઝડપે ચાલે છે. તો તે પટા ઉપર કેટલું તાણુ અથવા ખેંચાણુ આવતું હશે ? જો પટા ઉપર આવતું ખેંચાણુ ૧૦૦૦ પૌંડ હોય તો એપ્રીશીઅન્સી કેટલી હશે ?

૪. એક વાઈન્ડીંગ એન્જીન વડે ૬૬૦ વાર ઉડી ખાણુમાંથી કોલસો ઉપાડી બહાર કાઢવામાં આવે છે. પીજરાંનું તથા તેમાં ભરેલા કોલસાંનું વજન ૫ ટન છે, અને દોરડાંનું વજન દર ફેધમ દીઠ ૨૪

પૌંડ છે. જે કોલસાથી ભરેલાં પીંજરાંને ખાણનાં તળીયાંથી ઉપલી સપાટી સુધી ૫૫ સેકન્ડમાં ઉપાડવામાં આવે અને વાઈન્ડીંગ એન્જીનની એપ્રીશીઅન્સી ૭૫ હોય તો તે એન્જીનના હોર્સપાવર શોધો ?

૫. ૧૦ હોર્સપાવરનું એક પમ્પીંગ એન્જીન દર કલાકે ૯૦૦૦ ગેલન પાણી ૧૨૦ ફુટની ઉંચાઈએ આવેલી એક ટાંકીમાં આપે છે, તો આ પમ્પીંગ એન્જીનની એપ્રીશીઅન્સી શોધો ?

૬. ખાણના એક ખાડામાંથી પાણી બહાર કાઢવા માટે ઈલેક્ટ્રીક મોટર વડે ચલાવવામાં આવતો એક ત્રેબલ રેમ પમ્પ વપરાયો છે. રેમનો વ્યાસ ૯ $\frac{૩}{૪}$ ઇંચ અને સ્ટ્રોક ૧૨ ઇંચ છે. દરેક રેમ દર મીનીટે ૩૪.૭૫ સ્ટ્રોક કરે છે. અને પાણીને જે ઉંચાઈએ ઉપાડવામાં આવે છે તે ઉંચાઈ ૩૯૩ ફુટ છે, તો :—(૧) દર મીનીટે કેટલા ગેલન પાણી ઉપાડવામાં આવશે ? (૨) દર મીનીટે કેટલા ફુટ-પૌંડ ઉપયોગી કામ થશે ? (૩) જ્યારે પમ્પ એક સરખી રીતે કાર્ય કરે ત્યારે ઉપયોગી હોર્સપાવર શોધો, (૪) જે ઈલેક્ટ્રીક મોટરના એક હોર્સપાવર ૫૦ હોય તો પમ્પની એપ્રીશીઅન્સી શોધો ?

૭. એક સેન્ટ્રીફ્યુગલ પમ્પને દર સેકન્ડે ૬૨ ધનફુટ પાણી ૭ ફુટની ઉંચાઈએ ઉપાડવાનું છે. જે પમ્પની એપ્રીશીઅન્સી ૪૫ ટકા હોય તો તેને કેટલા હોર્સ પાવર પુરા પાડવા જોઈએ? આ પમ્પને ૨૦૦ વોલ્ટના ઈલેક્ટ્રીક મોટર વડે ચલાવવામાં આવે છે. જે મોટરની એપ્રીશીઅન્સી ૮૫ ટકા હોય તો તે મોટરને કેટલા એમ્પીઅર પુરા પાડવા જોઈશે ?

૮. એક પાઈલ ડ્રાઈવર (પુલો વીગેરેના થાંભળા અથવા ભુંગળાં જમીનમાં ઉતારવા માટેનો હથોડો) કે જેનું વજન ૩૦૦ પૌંડ છે તે ૧૦ ફુટની ઉંચાઈએથી પાઈલ (પુલો વીગેરેના ઉભા થાંભળા અથવા ભુંગળાં) ઉપર પડે છે, તો તે પાઈલને જમીનમાં ઉતારવામાં કેટલા ફુટ પૌંડ કામ તે આપશે ? જે પાઈલ ડ્રાઈવરના ફૂટકાથી તે પાઈલ ૨ ઇંચ જમીનમાં ઉતરે તો દુર કરવામાં આવતો સરેરાશ અવરોધ કેટલો હશે ?

૯. ૧૦ પુટની ઉંચાઈએથી પડતાં ૨ ટનનાં વજનની શક્તિ સાથે ૨૦ પુટની ઉંચાઈએથી પડતા એક ટન વજનના પાઈલ ડ્રાઈવરના મંકી વડે પાઈલને જમીનમાં ઉતારવામાં ખર્ચ થતી શક્તિને સરખાવો. જો પાઈલ ડ્રાઈવરના મંકીનો એક ફૂટકો પાઈલને ૯ ઇંચ જમીનમાં ઉતારે તો પાઈલની ગતિની સામે નડતો સરેરાશ અવરોધ કેટલો હશે ?

૧૦. જ્યારે એક પાતળી પ્લેટને તેની ધાર ઉપર પાણીમાં ચલાવવામાં આવે અને પાણી તથા પ્લેટની સપાટી વચ્ચેની ધસારાની ગતિ દરમીનીટે ૬૦૦ પુટ હોય ત્યારે તે પ્લેટનું ધર્પણ પાણી સાથે સંબંધમાં રહેલી સપાટીના દર ચોરસ પુટ દીઠ $\frac{1}{4}$ પૌંડ છે, અને તે ધર્પણ ધસારાની ગતિના વર્ગનાં પ્રમાણમાં વિકાર પામે છે એમ પ્રયોગ ઉપરથી માલમ પડ્યું છે.

તો ૧૮ નોટની ઝડપે ચાલતાં એક વહાણની બાબદમાં જો તે વહાણની પાણીમાં ડુબેલી સપાટી જે વેળા તે વહાણ લોડ લાઈન ઉપર તરતું હોય તે વેળા ૨૭૬૨૦ ચોરસ પુટ હોય તો તે વહાણનું સપાટી વચ્ચેનું ધર્પણ (skin friction) દુર કરવામાં કેટલા પુટ-પૌંડ ખર્ચ થશે. વળી જો આ સપાટીનું ધર્પણ વહાણને સામે નડતા કુલ અવરોધના ૭૦ ટકા હોય તો તે વહાણને ચલાવવામાં ઉપયોગી રીતે કુલ કેટલા હોર્સપાવર ખર્ચ થશે ?

૧૧. નીચે આપેલા પદાર્થોનાં કમ્પ્રેસ્ટશનથી (એટલે બાળવાથી) ઉત્પન્ન થતી રસાયણીક શક્તિનું હોર્સપાવરમાં રૂપાંતર કરો:—

- (૧) એક કલાકમાં ખપતું એક પૌંડ ગાસતેલ એટલે કેરોસીન ઓઈલ,
- (૨) એક કલાકમાં ખપતી એક ધનપુટ કોલગેસ,
- (૩) એક કલાકમાં ખપતી એક ધનપુટ ડોસનગેસ,
- (૪) એક કલાકમાં એક પૌંડ કોલસો.

કેલોરીટ્રીક પાવર (ગરમી ઉત્પન્ન કરવાની શક્તિ) નીચે પ્રમાણે છે:—દર પૌંડ ગાસતેલ તથા કુદ ઓઈલ દીઠ ૨૨૦૦૦ B. T. U., દર પૌંડ કોલસા દીઠ ૧૫૦૦૦ B. T. U., એક ધનપુટ કોલગેસ

દીઠ ૭૦૦ B. T. U., એક ધનપ્રુટ ડોસનગેસ દીઠ ૧૬૦ B.T.U. છે.

૧૨. દાખલા ૧૧માં આપેલા કેલોરીશીક પાવર (ગરમી ઉત્પન્ન કરવાની શક્તિઓ) લઈ નીચે આપેલાં એન્જીનોની એપ્રીશીઅન્સી નક્કી કરો:—

(૧) દર એક હોર્સપાવર-અવર દીઠ ૨ પૌંડ કોલસો ખપાવતું એક મોટું સારી જાતનું કન્ડેન્સીંગ એન્જીન.

(૨) દર એક હોર્સપાવર-અવર દીઠ ૨૬ ધનપ્રુટ કોલગેસ ખપાવતું એક ગેસ એન્જીન.

(૩) દર એક હોર્સપાવર-અવર દીઠ ૫૬ પૌંડ કુડ ઓઈલ ખપાવતું એક ડીઝલ ઓઈલ એન્જીન.

૧૩. નીચે આપેલી શક્તિઓ પ્રુટ-પૌંડમાં દર્શાવો:—

(૧) ૩૫ ટનનું વજન ૧૫ પ્રુટની ઉંચાઈએથી નીચે પડે.

(૨) દર સેકન્ડે ૨૦૦૦ પ્રુટની ઝડપે પસાર થતા ૬૦ પૌંડ વજનના એક તોપના ગોળાની કાઈનેટીક એનર્જી.

(૩) એક પૌંડ કોલસાની કેલોરીશીક એનર્જી (ઉષ્મા શક્તિ) કે જે ૮૫૦૦ સેન્ટીગ્રેડ પૌંડ હીટ યુનીટસ છે.

(૪) ૩૦ પૌંડ પાણીની ટેમ્પરેચર (ઉષ્મમાન) ૪૦°F ઉપરથી ૧૦૩°F સુધી વધારતાં જોઈતી ઉષ્મા શક્તિ.

(૫) ૨ હોર્સપાવર-અવર.

(૬) ૪ કીલોવૉટ-અવર.

૧૪. વિજ્ઞાનિક બળથી ચલાવવામાં આવતી એક ઓવર હેડ કેન દર મીનીટે ૯૦ પ્રુટની ઝડપે ૫ ટનનું વજન ઉપાડે છે, તે હોર્સપાવર શોધો? આ હોર્સપાવરનું વૉટમાં રૂપાંતર કરો. એક વિજ્ઞાનિક મોટર તે ઉચ્કનારી મશીનરીને ચલાવે છે જે મશીનરીની એપ્રીશીઅન્સી

૭૦ ટકા છે. જો મોટરને પુરો પાડવામાં આવતો કરન્ટ (પ્રવાહ) ૨૨૦ વોલ્ટનો હોય અને મોટરની એપ્રીશીઅન્સી ૮૭ ટકા હોય તો વિજ્ઞાનિક પ્રવાહના કેટલા એમ્પીઅર તે મોટરને પુરા પાડવા જોઈએ ? જો એક ઈલેક્ટ્રીક કુમ્પની બળ ઉપજાવવા માટે બોર્ડ ઓફ ત્રેડના દર યુનીટ દીઠ ૨૬ પેન્સની કિંમતે કરન્ટ પુરો પાડે, તો દર ફુટ-ટન થયલાં કામ દીઠ વજન ઉપાડવાનો શું ખર્ચ આવશે તે પેન્સમાં શોધો ?

૧૫. એક ઓઈલ એન્જિન દર કલાકે ૨૦ પૌંડ ગાસતેલ ખપાવી ૧૮ એક હોર્સપાવર ઉત્પન્ન કરે છે, તો તેની થર્મલ એપ્રીશીઅન્સી કેટલી હશે ? ગાસતેલની કેલોરીશીક વેલ્યુ ૨૧૦૦૦ F. T. U. છે.

૧૬. એક હાઈડ્રોલીક કેનમાં દર ચોરસ ઇંચ દીઠ ૮૦૦ પૌંડનાં દબાણ વાળું પાણી પુરું પાડવામાં આવે છે. જો કેનની એપ્રીશીઅન્સી ૬૫ ટકા હોય તો ૩ ટનનું વજન ૧૫ ફુટની ઉંચાઈએ ઉપાડવા માટે કેટલા ગેલન પાણી ખપશે.

૧૭. એક વીન્ડલેસમાં બેરલનો વ્યાસ ૧૦ ઇંચ છે, દોરડાનો વ્યાસ ૧ ઇંચ છે, અને હાથાની લંબાઈ ૧૮ ઇંચ છે, તો ૩ હન્ડ્રેડવે-ટનું વજન ઉપાડવા માટે હાથાને છેડે કેટલું જોર લાગુ પાડવું જોઈશે ? વીન્ડલેસની એપ્રીશીઅન્સી ૮૦ ટકા છે.

૧૮. એક કેપ્સ્ટનને સામ સામી બાજુએ બે માણસો વડે ચલાવવામાં આવે છે દરેક માણસ ધરીની મધ્ય રેખાથી ૩૬ ફુટનાં અંતરે ૩૦ પૌંડનાં જોરથી કેપ્સ્ટનના હાથાને દબાવે છે. ૧૧ ઇંચ વ્યાસનાં ડ્રમ ઉપર દોરડાને લપેટવામાં આવે છે, અને દોરડાનો વ્યાસ ૧ ઇંચ છે. જો કેપ્સ્ટનની એપ્રીશીઅન્સી ૯૦ ટકા હોય, તો દોરડાં ઉપર આવતું ખંચાણ શોધો કે જો કેપ્સ્ટનના હાથાઓ ઉપરનાં દબાણને સમતોલ રાખે. વળી મધ્યની જો ધરી ઉપર કેપ્સ્ટન ફરે છે તેનાં ઉપરનું દબાણ શોધો.

મુંબઈ ઇલાકાની કમીટી ઓફ ડાયરેક્શન ફોર ટેકનીકલ એજ્યુકેશન તરફથી લેવામાં આવેલી સુરતની પારેખ ટેકનીકલ ઇન્સ્ટીટ્યુટની મીકેનિકલ એન્જીયરીંગના પહેલા વર્ષની વાર્ષિક પરિક્ષામાં ૧૩ વર્ષમાં પુછાયલા અને ખીજ પરચુરણ દાખલાઓ.

૧. એક લોખંડની ટાંકીનાં તળીયાનું ક્ષેત્રફળ ૨ ચોરસ ફુટ છે, અને તેમાં મથાળેથી ૬ ઇંચ સુધી તેલ ભરતાં ૪૫૦ ગેલન તેલ સમાય છે, તો તે ટાંકીની ઉંચાઈ કેટલી હશે ?

૨. એક લીવર સેફ્ટી વાલ્વનાં ખીડનાં વજનનો વ્યાસ ૧૦ ઇંચ છે અને જાડાઈ $\frac{1}{2}$ છે. આ વજનના મધ્ય ભાગમાંથી લીવરને પસાર થવા માટે ૨ ઇંચ \times $\frac{1}{2}$ ઇંચનાં માપનો લંબ ચોરસ ગાળો બનાવેલો છે, તો તેનું વજન કેટલા પૌંડ હશે તે શોધો.

૩. એક સ્ટીમ એન્જીનમાં દર ઇન્ડીકેટેડ હોર્સપાવર દીઠ દર કલાકે ૨૪ પૌંડ વરાળ ખપે છે. એન્જીન સરેરાશ ૫૧૦ હોર્સપાવર ઉત્પન્ન કરે છે, તો આ એન્જીનને ૧૧ $\frac{1}{2}$ કલાક સુધી ચાલુ રાખવા માટે કેટલા ગેલન પાણી જોઈશે ?

૪. એક લેંકેશીયર બોયલરમાં બે ચુલા છે. દરેક ચુલાની લંબાઈ ૬ ફુટ અને પહોળાઈ ૨ $\frac{1}{2}$ ફુટ છે. દર કલાકે ચુલાની સપાટીના દર ચોરસ ફુટ દીઠ ૧૮ પૌંડ કોલસો બળે છે. એક પૌંડ કોલસો ૮ પૌંડ પાણીનું વરાળમાં રૂપાંતર કરી શકે છે. જો આ એન્જીનમાં દર કલાકે દર હોર્સપાવર દીઠ ૨૨ પૌંડ વરાળ ખપતી હોય, તો તે એન્જીન કેટલા ઇન્ડીકેટેડ હોર્સપાવર ઉત્પન્ન કરશે ?

૫. એક સ્ટીમ એન્જીનનાં સીલીન્ડરનો વ્યાસ ૨૦ ઇંચ છે, સ્ટ્રોકની લંબાઈ ૩૦ ઇંચ છે, અને દર મીનીટે આંટાની સંખ્યા ૧૧૦ છે. પીસ્ટન ઉપર કાર્ય કરતું સરેરાશ કાર્યસાધક દબાણ ઇન્ડીકેટર ડાયગ્રામ ઉપરથી શોધતાં ૪૨ પૌંડ છે, તો તે એન્જીનના ઇન્ડીકેટેડ હોર્સપાવર શોધો ?

૬. કોલસાની એક થપ્પી ૧૦૦ ફુટ લાંબી અને ૨૫ ફુટ પહોળી છે, અને તેનું વજન ૭૦૦ ટન છે, તો તે થપ્પીની ઉંચાઈ કેટલી હશે ?

૭. એક ટાંકી ૩૦ ફુટ લાંબી, ૨૦ ફુટ પહોળી, અને ૬ ફુટ ઊંડી છે. આ ટાંકીમાં એક પમ્પ વડે દર મીનીટે ૩૭૫ ગેલન પાણી પુરું પાડવામાં આવે છે, તો તે ટાંકીને આખી ભરવામાં કેટલો વખત લાગશે ?

૮. નીચેની રકમનો દશાંસનાં ત્રણ આંકડા સુધી વર્ગમૂળ શોધો:—૫૭૨૮.૪૯૩.

૯. નીચેની રકમનો દશાંસનાં ત્રણ આંકડા સુધી ધનમૂળ શોધો:—૨૧૬.

૧૦. એક લોકોમોટીવ (આગગાડીનાં) એન્જીનનાં પૈડાંઓનો વ્યાસ $૬\frac{૩}{૪}$ ફુટ છે, અને આગગાડી દર કલાકે ૭૧ $\frac{૩}{૪}$ માઇલની ઝડપે દોડે છે, તો એન્જીનનાં પૈડાંની ઝડપ દર મીનીટે કેટલા આંટા હશે ? આ પૈડાંઓની કામ કરવાની શક્તિમાં ૩ ટકા વ્યર્થ જવાથી ઘટાડો થાય છે.

૧૧. એક લેંકેશીયર બોયલરના દરેક ચુલાની લંબાઈ ૬ ફુટ અને પહોળાઈ ૨ $\frac{૩}{૪}$ ફુટ છે, અને ચુલાની સપાટીના દર ચોરસ ફુટ દીઠ દર કલાકે ૨૦ પૌંડ કોલસો બળે છે. આ બોયલર ૨૫૦ ઇન્ડીકેટેડ હોર્સપાવરનાં એન્જીનને વરાળ પુરી પાડે છે. જો તે એન્જીન દર કલાકે દર ઇન્ડીકેટેડ હોર્સપાવર દીઠ ૧૮ પૌંડ વરાળ ખપાવે, તો એક પૌંડ કોલસો કેટલા પૌંડ પાણીનું વરાળમાં રૂપાંતર કરશે ?

૧૨. એક સ્ટીમ એન્જીનનાં સીલીન્ડરમાં વરાળનું સરેરાશ દબાણ દર ચોરસ ઇંચ દીઠ ૩૭ પૌંડ છે, અને પીસ્તનની ઝડપ દર મીનીટે ૫૦૦ ફુટ છે, તો આ એન્જીન ૨૫૦ ઇન્ડીકેટેડ હોર્સપાવર ઉત્પન્ન કરે તે માટે તેનાં સીલીન્ડરનો વ્યાસ કેટલો રાખવો જોઈએ ?

૧૩. એક બોયલરનાં લેપ રીવેટેડ શેલનું ભુંગણું ૬ ફુટ વ્યાસનું બનાવવા માટે કેટલા ફુટ લાંબી પ્લેટ જોઈશે ? સાંધાનો ચઢાવ એટલે લેપ ૧ $\frac{૩}{૪}$ ઇંચ છે.

૧૪. એક ટાંકીને પાણીથી સંપૂર્ણ ભરતાં તેમાં ૬૦૦૦ ગેલન પાણી સમાઈ શકે છે. જો તે ટાંકીની ઉંચાઈ ૩ ફુટ અને પહોળાઈ ૬ ફુટ હોય તો તેની લંબાઈ કેટલી હશે ?

૧૫. એક ખીડના નક્કર નળાકાર દાગીનાનું વજન ૯૦ પૌંડ છે અને તેનો વ્યાસ ૯ ઈંચ છે, તો તેની ઉંચાઈ કેટલી હશે ?

૧૬. એક સ્ટીમર ઉપર ૮૫૦૦ ઇન્ડીકેટેડ હોર્સપાવરનું એન્જીન છે, જેમાં દર કલાકે દર હોર્સપાવર દીઠ ૧૩ પૌંડ કોલસો ખપે છે. જો આ સ્ટીમર એક અડવાડીયું મુસાફરી કરે તો કેટલા ટન કોલસો ખપશે ?

૧૭. એક ૬૫૦ ઇન્ડીકેટેડ હોર્સપાવરનાં સ્ટીમ એન્જીનમાં દર કલાકે દર હોર્સપાવર દીઠ ૨૪ પૌંડ વરાળ ખપે છે, તો જ્યારે આ એન્જીન ચાલુ હોય ત્યારે ૧૧૩ કલાકમાં ૫૫૫ વડે બોયલરમાં કુલ કેટલા ગેલન પાણી દાખલ કરવું જોઈએ ?

૧૮. એક લેંકેશીયર બોયલરમાં ચુકાની સપાટીના દર ચોરસ ફુટ દીઠ દર કલાકે ૧૫ પૌંડ કોલસો ખપે છે. દરેક ચુકાની લંબાઈ ૫ ફુટ ૬ ઈંચ છે અને પહોળાઈ ૨ ફુટ ૯ ઈંચ છે. કોલસાની એક થર્પી ૧૬ ફુટ લાંબી, ૧૦ ફુટ પહોળી, અને ૪૩ ફુટ ઉંચી છે તો આ થર્પીનો સઘળો કોલસો તે બોયલરમાં કેટલો વખત ચાલશે ?

૧૯. એક શંકુ (કોન)નાં તળીયાંનો વ્યાસ ૩ ફુટ છે અને તેની લંબ ઉંચાઈ ૪૩ ફુટ છે, તો તેનું ધનમાપ એટલે વોલ્યુમ શોધો.

૨૦. એક પાણીની ટાંકી ૨૦ ફુટ લાંબી, ૬ ફુટ પહોળી, અને ૬ ફુટ ઉંચી છે, તો તેને ૮ મીનીટમાં ખાલી કરવા માટે કેટલા હોર્સપાવરનું એન્જીન જોઈશે ?

૨૧. તેલ ભરવા માટે ઢાંકણ વિનાની એક નળાકાર ટાંકી બનાવવાની છે. ટાંકીનો વ્યાસ ૩ ફુટ ૬ ઈંચ રાખવાનો છે, અને મથાળેથી ૬ ઈંચની ઉંચાઈ જેટલો ભાગ ખાલી રાખતાં તેમાં ૭૫ ગેલન તેલ સમાવવાનું છે. સાંધા, વિગેરે માટે ૫ ટકા લઈએ, તો આખી ટાંકી બનાવવામાં કેટલા ચોરસ ફુટ પોલાણનું પતું જોઈશે ?

૨૨. દર કલાકે ૬૫૦૦૦ ગેલન પાણીને ૧૩૦ ફુટની ઉંચાઈએ ઉપાડવા માટે કેટલા હોર્સપાવર જોઈશે? જો એક પરમ્પીંગ એન્જીન દર હોર્સપાવર દીઠ ૩ પૌંડ કોલસો ખપાવતું હોય, તો ૧૦૦૦ ગેલન પાણી ઉચે ચઢાવતાં કેટલો કોલસો ખપશે?

૨૩. મીલનાં એક ચોખ્ખા તળાવની લંબાઈ ૪૫ વાર છે અને પહોળાઈ ૨૬ વાર છે. તે તળાવની એક બાજુએ પાણીની ઉંડાઈ ૧૧ ફુટ છે અને બીજી બાજુએ ઉંડાઈ ૮ ફુટ છે, તો તે તળાવમાં કેટલા ઘનફુટ પાણી હશે?

૨૪. દાખલા ૨૩માં આપેલાં તળાવને ખાલી કરવાને માટે ૨૫ ઈન્ડીકેટ્ટ હોર્સપાવરનાં એન્જીનને કેટલો વખત લાગશે?

૨૫. એક સ્ટીમ એન્જીનનાં સીલીન્ડરનો વ્યાસ ૧૬ ઇંચ છે, સ્ટ્રોકની લંબાઈ ૩૦ ઇંચ છે, અને દર મીનીટે આંટાની સંખ્યા ૧૨૦ છે. જો પીસ્ટન ઉપર કાર્ય કરતું વરાળનું સરેરાશ કાર્યસાધક દબાણ દર ચોરસ ઇંચ દીઠ ૩૭૩ પૌંડ હોય, તો તે એન્જીનના હોર્સપાવર શોધો.

૨૬. એક વ્હીલ અને એક્સલના હાથાની લંબાઈ ૧૬ ઇંચ છે, અને એક્સલનો વ્યાસ ૬ ઇંચ છે. જો આ વ્હીલ અને એક્સલનું કાર્યસાધકત્વ એટલે એપ્રીશીઅન્સી ૮૨ ટકા હોય તો હાથાને છેડે ૨૭ પૌંડનું જોર લાગુ પાડવાથી કેટલું વજન ઉપાડી શકાશે?

૨૭. એક ૬૨૦ હોર્સપાવરનું સ્ટીમ એન્જીન દર કલાકે દર હોર્સપાવર દીઠ ૨૦ પૌંડ વરાળ ખપાવે છે. જો ૭ ટકા વરાળ ગળતર, વિગેરેમાં વ્યર્થ જતી હોય તો બોયલરમાં દર કલાકે કેટલા ગેલન પાણી પુરું પાડવું જોઈએ?

૨૮. એક લીવર સેફ્ટી વાલ્વનો વ્યાસ ૪ ઇંચ છે, વાલ્વથી ફ્લક્કમ સુધીનું અંતર ૨૩ ઇંચ છે, અને વજનને લીવર ઉપર વાલ્વથી ૨ ફુટ ૩ ઇંચ દુર મુકવાનું છે, તો આ સેફ્ટી વાલ્વ દર ચોરસ ઇંચે ૧૫૦ પૌંડનાં દબાણે હાથી વરાળને ખસો-ઓફ કરે તે માટે તે વજન કેટલા પૌંડનું જોઈશે?

૨૯. ૨૦ ફુટ લાંબી, ૮ ફુટ પહોળી, અને ૬ ફુટ ઉંડી પાણીથી ભરેલી એક ટાંકીને ૨૦ મીનીટમાં ખાલી કરવા માટે કેટલા હોર્સપાવરનું એન્જીન જોઈશે ?

૩૦. એક નળાકાર ટાંકીનો વ્યાસ ૪ ફુટ અને ઉંડાઈ ૭ ફુટ છે, તો આ ટાંકીમાં મથાળેથી ૯ ઈંચ સુધી ભરતાં કેટલા ગેલન તેલ સમાઈ શકશે ? જો તેજની સ્પેસીફિક ગ્રેવીટી એટલે વિશિષ્ટ ગુરુત્વ ૦.૮૨ હોય તો તેજનું વજન શોધો.

૩૧. ૫૦૦ ઈન્ડીક્રેટડ હોર્સપાવરનું એક સ્ટીમ એન્જીન દર કલાકે દર હોર્સપાવર દીઠ ૩૦ પૌંડ વરાળ ખપાવે છે. જો ટાંકીમાંથી બોયલરને પાણી પુરૂં પાડવામાં આવે છે તે ટાંકીની લંબાઈ ૧૮ ફુટ અને પહોળાઈ ૧૦ ફુટ છે. તો તે ટાંકીમાં પાણી ઉંચાઈમાં ૧ ફુટ ઓછું થાય તે દરમ્યાન એન્જીન કેટલો વખત ચાલશે ?

૩૨. એક ખીડનું વજન ૧૭૦ પૌંડનું બનાવવું છે. જો તે વજનની લંબાઈ ૧૬ ઈંચ અને પહોળાઈ ૮ ઈંચ હોય, તો તેની જડાઈ કેટલી રાખવી જોઈશે ? ખીડનાં એક ધન ઈંચનું વજન ૦.૨૬૫ પૌંડ છે.

૩૩. એક પર્મીંગ એન્જીન વડે દર કલાકે ૬૦૦૦ ગેલન પાણી ૪૫૦ ફુટની ઉંડાઈએથી ખેંચવું છે, તો તે માટે પર્મીંગ એન્જીન કેટલા હોર્સપાવરનું જોઈશે ?

૩૪. એક સ્ટીમ એન્જીનનાં સીલિન્ડરનો વ્યાસ ૪૨ ઈંચ છે, સ્ટ્રોકની લંબાઈ ૨૪ ઈંચ છે અને કટ-ઓફ સ્ટ્રોકના $\frac{1}{2}$ ભાગે થાય છે. જો એન્જીન દર મીનીટે ૬૫ આંટાની ઝડપે ફરતું હોય, તો દર કલાકે કેટલા ધનફુટ વરાળ ખપશે ?

૩૫. એક આગગાડીનાં એન્જીનનાં ડ્રાઈવિંગ વ્હીલ્સનો વ્યાસ ૬ ફુટ ૬ ઈંચ છે અને તે દર મીનીટે ૧૬૦ આંટાની ઝડપે ફરે છે. જો સ્ટ્રીપ (વ્હીલ્સનું સરી જવું) ૩ ટકા હોય તો તે એન્જીન દર કલાકે કેટલા માઈલની ઝડપે દોડતું હશે ?

૩૬. નીચે આપેલી શક્તિ ફુટ-પૌંડમાં દર્શાવો:—

- (૧) એક ટનનું વજન ૧૦ ફુટની ઉંચાઈએથી નીચે પડે છે.
 (૨) ૩ પૌંડ પાણીને ૬૮°F ઉપરથી ૧૩૬°F સુધી ગરમ કરવામાં આવે છે.

(૩) એક હોર્સપાવર-અવર (one horsepower-hour).

૩૭. એક ટ્રેનનું વજન એન્જીન સાથે ૧૩૦ ટન છે, અને તે દર કલાકે ૩૫ માઇલની ઝડપે સીધી સપાટ સડક ઉપર દોડે છે. જો ક્રોએક્શીશન્ટ ઓફ રીઝીસ્ટન્સ એટલે ખેંચાણનો અવરોધ દર ટન દીઠ ૧૦ પૌંડ હોય, તો તે ટ્રેનને ખેંચવા માટે એન્જીનને કેટલા ઇન્ડીકેટેડ હોર્સપાવર ઉત્પન્ન કરવા જોઈશે ?

૩૮. એક વોટર ટ્યુબ બોયલરમાં ૩૫૦ ટ્યુબો છે. દરેક ટ્યુબનો અંદરનો વ્યાસ ૨.૫ ઇંચ અને લંબાઈ ૮ ફુટ છે, તો કુલ હીટીંગ સરફેસ શોધો ?

૩૯. એક કુવામાં પાણીની સપાટી મથાળેથી ૨૦ ફુટ નીચે છે. એક પમ્પ વડે ૫૦૦ ગેલન પાણી કાઢી લેતાં પાણીની સપાટી મથાળેથી ૨૬ ફુટ નીચે જાય છે, તો આ ક્રિયામાં કેટલા ફુટ-પૌંડ કામ થયું હશે ?

૪૦. એક સ્ટીમ એન્જીનનાં સીલીન્ડરનો વ્યાસ ૧૬ ઇંચ છે, સ્ટ્રોકની લંબાઈ ૩૦ ઇંચ છે, અને દર મીનીટે આંટાની સંખ્યા ૧૨૦ છે. જો પીસ્ટન ઉપર કાર્ય કરતું સરેરાશ દબાણ દર ચોરસ ઇંચ દીઠ ૩૭.૫ પૌંડ હોય, તો તે એન્જીનના ઇન્ડીકેટેડ હોર્સપાવર શોધો.

૪૧. એક સ્ટીમ એન્જીનમાં દર કલાકે દર હોર્સપાવર દીઠ ૨૦ પૌંડ વરાળ ખપે છે; એક પૌંડ કોલસો ૭ પૌંડ પાણીનું વરાળમાં રૂપાંતર કરી શકે છે, અને એન્જીન દરરોજ ૧૧ કલાક ચાલે છે, તો ૫૫૦ હોર્સપાવરનાં એન્જીન માટે રોજના કેટલા પૌંડ કોલસો ખપશે ?

૪૨. જો ૨૧૦ હોર્સપાવરનું લોકોમોટીવ એન્જીન તેની પાછળ જોડેલી ટ્રેનને કલાકના ૨૫ માઇલની ઝડપે ખેંચે છે, તો તે એન્જીન ટ્રેનને કેટલા જોરથી ખેંચે છે તે શોધો.

૪૩. એક ૪ ટનનાં વજનને ૩૬ મીનીટમાં ૩૧૨ વારની ઉંચાઈએ ચઢાવવામાં આવે છે, તો (૧) કુલ કામ કેટલું થશે તે પ્રુટ-પૌંડમાં શોધો, અને (૨) હોર્સપાવર શોધો.

૪૪. એક દોરડાંને એક ખાંચાવાળી પુલી ઉપર રાખી તેને એક છેડે ૫૪ પૌંડનું વજન લટકાવ્યું છે. દોરડાના ખીજા છેડા ઉપર ૭૨ પૌંડનું જોર લાગુ પાડી તે વજનને ૧૨૬ પ્રુટ ઉંચે ચઢાવવામાં આવે છે, તો પુલી ઉપરનાં ધર્ષણને દુર કરવામાં કેટલું કામ થયું હશે તે શોધો, અને આ રચનાનું કાર્યસાધકત્વ એટલે એશીશીઅન્સી શોધો.

૪૫. એક એન્જીન અને પમ્પની સંયુક્ત એશીશીઅન્સી ૬૦ ટકા છે, તો આ એન્જીન અને પમ્પ વડે ૪૨૦૦ ગેલન પાણીને ૧૮૦ પ્રુટ ઉંચે ચઢાવતાં કેટલો વખત લાગશે? એન્જીન ૧૦ હોર્સપાવરનું છે.

૪૬. ૨૭ હંડ્રેડવેટના અવરોધ (રીઝીસ્ટન્સ)ને ૩૬ મીનીટમાં ૨૬ માઈલનાં અંતરે હઠાવતાં કેટલા હોર્સપાવર જોઈશે?

૪૭. જો એન્જીન અને પમ્પની સંયુક્ત એશીશીઅન્સી ૬૬ ટકા હોય, તો એક ૮ હોર્સપાવરનાં એન્જીનને ૨૦૦૦ ગેલન પાણી ૨૧૦ પ્રુટની ઉંચાઈએ ચઢાવતાં કેટલો વખત લાગશે?

૪૮. એક કેપ્સ્ટનના હાથા (આર્મ્સ) તેનાં એરલની ત્રિજ્યાથી ૧૨ ગણા લાંબા છે. જો ૪ માણસ દરેક ૫૦ પૌંડનું જોર કેપ્સ્ટનના હાથાને છેડે લાગુ પાડે, તો દોરડાં ઉપર આવતું ખેંચાણ કેટલું હશે?

૪૯. એક વજન ઉપાડવાનાં યંત્ર વડે ૧૩૬૫ પૌંડનું વજન ઉપાડવા માટે ૬૫ પૌંડનાં જોરની જરૂર પડે છે, તો તે યંત્રનો યાંત્રિક લાભ (મીકેનીકલ એડવાન્ટેજ) શોધો. જો ગતિનું પ્રમાણ (વેલોસીટી રેશ્યો) ૨૮ હોય તો તે યંત્રની એશીશીઅન્સી શોધો.

૫૦. એક ૨૪ ઈંચિ વ્યાસની પુલી અથવા ચક્કર એક મીનીટમાં ૩૦૦ આંટા ફરે છે, અને તે એક ખીજા ૩૬ ઈંચિ વ્યાસની પુલી અથવા ચક્કરને પટાથી ચલાવે છે, તો આ ખીજા પુલીની ઝડપ કેટલી હશે? આ રચનાની આકૃતિ કાઢો.

૫૨. ૫ ટનનાં વજનનું એક ફ્લોઈ બ્લોલ ૧૨ ઇંચ વ્યાસની એક ધરી ઉપર ફરે છે, અને ધર્ષણનો ગુણક (કોએફિશિન્ટ ઓફ ફ્રીક્શન) $\frac{1}{3}$ છે, તો ફ્લોઈ બ્લોલના એક આંટામાં ધર્ષણ દુર કરવા માટે કેટલા એકમ દામ ખર્ચ થશે. જો ફ્લોઈ બ્લોલ દર મીનીટે ૬૦ આંટાની ઝડપે ફરતું હોય, તો ધર્ષણમાં ખર્ચ થતા હોર્સપાવર શોધો.

૫૨. એક એન્જીનનાં સીલીન્ડરનો વ્યાસ ૪૦ ઇંચ છે, પીસ્તનની ઝડપ દર મીનીટે ૫૬૦ ફુટ છે, અને સરેરાશ કાર્યસાધક દબાણ દર ચોરસ ઇંચ દીઠ ૨૪.૫ પૌંડ છે. જો ઇન્ડીકેટેડ હોર્સપાવર નોમીનલ હોર્સપાવરના ૭ ગણા હોય, તો તે એન્જીનના નોમીનલ હોર્સપાવર શોધો.

૫૩. એક લીવર સેફ્ટી વાલ્વનો વ્યાસ ૩ ઇંચ છે, અને વાલ્વનું વજન ૫ પૌંડ છે. ફ્લક્કમથી વાલ્વનું મધ્ય $3\frac{1}{2}$ ઇંચ દુર છે. લીવરનું વજન ૮ પૌંડ છે અને તેનું ગુરૂત્વમધ્યબિંદુ ફ્લક્કમથી ૧૦ ઇંચ દુર છે. વરાળનું દબાણ દર ચોરસ ઇંચ દીઠ ૬૦ પૌંડ છે. જો લીવરના છેડા આગળનું વજન ૫૬ પૌંડનું હોય તો વજનથી ફ્લક્કમ સુધીનું અંતર શોધો.

૫૪. એક બ્લોલ અને એકસલમાં લાગુ પાડેલી શક્તિના ૨૧ ટકા ધર્ષણમાં વ્યર્થ જાય છે. ડ્રમનો વ્યાસ ૧૨ ઇંચ, દોરડાંનો વ્યાસ $1\frac{1}{2}$ ઇંચ, અને હાથાની લંબાઈ ૧૮ ઇંચ છે, તો હાથાને છેડે લાગુ પાડેલાં ૮૦ પૌંડનાં જોર વડે કેટલું વજન ઉપાડી શકાશે ?

૫૫. એક પીનીઅનને $\frac{1}{4}$ ઇંચ પીચના ૧૬ દાંતા છે અને તે એક રેક સાથે ગીયર થાય છે. જો પીનીઅન $3\frac{1}{2}$ આંટા ફરે, તો રેક કેટલું અંતર ચાલશે ? જો પીનીઅનને ૧૪ ઇંચ લાંબા હાથાને છેડે ૩૫ પૌંડનું જોર લાગુ પાડી ફેરવવામાં આવે, તો જો જોરથી રેક આગળ ચાલે છે તે જોર શોધો.

૫૬. એક ટ્રેન (આગગાડી)નું વજન ૮૦ ટન છે અને સપાટ સડક ઉપર તેની ઝડપ દર કલાકે ૪૦ માઈલ છે, તો એન્જીનના હોર્સપાવર શોધો. જો સડકનો ઢાળ ૧૦૦એ ૧૩નો હોય અને એન્જીન

આમળ નેટલાળ પાવરનો ખર્ચ કરે, તો આ ઢાળ ઉપર ચઢતાં તે ત્રેનની ઝડપ શોધો. ધર્ષણને લીધે નડતો અવરોધ દર ટન દીઠ ૬૨ પૌંડ છે.

૫૭. એક કેપ્સ્ટન ૪ માણસો વડે ચલાવવામાં આવે છે. મધ્ય-રેખાથી ૪ ફુટનાં અંતરે દરેક માણસ ૩૦ પૌંડનું એકસરખું ભેર કરે છે, દોરડાંનો વ્યાસ $\frac{3}{4}$ ઇંચ છે અને તેને પૃષ્ઠ ઇંચ ત્રિજ્યાનાં ડ્રમની ફરતે લપેટવામાં આવે છે, તો દોરડાં ઉપરનું જે ખેંચાણ હાથાઓ ઉપરનાં દબાણને સમતોલ કરે છે તે શોધો.

૫૮. “ભેર” (ફોર્સ) માપવામાં તમો કયો એકમ વાપરો છો, અને “ભેર વડે થયલું કામ” માપવામાં તમો કયો એકમ વાપરો છો ?

એ ઘોડો દર ટને ૪૦ પૌંડનું ખેંચાણ કરી એક સપાટ સડક ઉપર ૧૫ હં-ફેડવેટનું વજન ખેંચે છે. જે $\frac{1}{2}$ હોર્સપાવર પ્રમાણે વજન ઉપર તે કામ કરે, તો ૧૦ મીનીટમાં તે ઘોડો કેટલું અંતર ચાલશે ?

૫૯. એક સીંગલ એક્ટીંગ પમ્પીંગ એન્જીનના પીસ્ટનનો વ્યાસ ૨૦ ઇંચ છે; વરાળનું સરેરાશ દબાણ દર ચોરસ ઇંચ દીઠ ૬૦ પૌંડ છે; કેંકની લંબાઈ ૧૫ ઇંચ છે; અને દર મીનીટે આંટાની સંખ્યા ૨૦ છે. એમ માલમ પડ્યું કે દર મીનીટે ૧૦૦ ધનફુટ પાણીને ૮૦ ફુટની ઉંચાઈએ ચઢાવવામાં આવે છે, તો તે એન્જીન અને પમ્પની એફીશી-અન્શી (કાર્યસાધકત્વ) શોધો.

૬૦. ધાતુના એક સમાન સળીયાની લંબાઈ ૩૬ ઇંચ છે અને તેનું વજન ૪૦ પૌંડ છે. આ સળીયાને એક છેડે ૬૦ પૌંડનું વજન લટકાવવામાં આવ્યું છે, તો ફ્લેક્ષમનું સ્થાન શોધો.

૬૧. એક વાંકાં અથવા ખેલ કેંક લીવરના બંને આર્મ્સ એક બીજાથી ક્રાટખૂણે છે, અને તે બંને અનુક્રમે ૧૬ $\frac{1}{2}$ ઇંચ અને ૩ $\frac{1}{2}$ ઇંચ લાંબા છે. જે આ લીવરના ટુંકા આર્મ (હાથા)ને છેડે અને તેનાથી ક્રાટખૂણે ૩૦૦ પૌંડના અવરોધને દુર કરવો હોય, તો લીવરના લાંબા આર્મ (હાથા)ને છેડે અને તેનાથી ક્રાટખૂણે કેટલું ભેર વાપરવું પડશે ?

૬૨. એક ૨૫૦ હોર્સપાવરનું લોકોમોટીવ (આગગાડીનું એન્જીન) તેની પાછળ જોડેલી ત્રેનને ૩૦૦૦ પૌંડનાં જોરથી ખેંચે છે, તો તે ત્રેન દર કલાકે કેટલા માઇલની ઝડપે દોડતી હશે ?

૬૩. એક લીવર સેફ્ટી વાલ્વનું ક્ષેત્રફળ ૫ ચોરસ ઇંચ છે, અને તેનું વજન ૨૬ પૌંડ છે. લીવર ઉપરનું વજન ૫૦ પૌંડ છે. ફ્લક્કમથી વાલ્વનાં મધ્ય સુધીનું અંતર ૨૬ ઇંચ છે. લીવરનું વજન ૧૪ પૌંડ છે અને તેનું ગુરૂત્વમધ્યબિંદુ ફ્લક્કમથી ૬૬ ઇંચ દુર છે, તો વાલ્વને દર ચોરસ ઇંચ દીઠ ૯૦ પૌંડનાં દબાણે ઉઠાડી વરાળ બંધો-ઓફ કરવા માટે વજનને લીવર ઉપર ફ્લક્કમથી કેટલે દુર મુકવું જોઈએ તે શોધો.

૬૪. એક પ્લેનીંગ મશીનની ટેબલ દર મીનીટે ૭ સ્ટ્રોકની ઝડપે ચાલે છે અને સ્ટ્રોકની લંબાઈ ૫૬ ઇંચ છે. ટેબલનું ખોતાનું વજન ૧૬ હંડ્રેડવેટ છે. જો ધર્પણનો ગુણુક એટલે કોએફીશન્ટ ઓફ ફ્રિક્શન ૦.૦૯ હોય, તો તે ટેબલને ચલાવવામાં દર કલાકે કેટલું કામ થશે તે શોધો.

૬૫. જો ૫૦૦૦ ઇન્ડીકેટેડ હોર્સપાવરનું એક એન્જીન દર કલાકે દર ઇન્ડીકેટેડ હોર્સપાવર દીઠ ૧.૮ પૌંડ કોલસો ખપાવે, તો ૨૪ કલાકમાં તે કેટલા ટન કોલસો ખપાવશે ?

૬૬. એક સીંગલ સીલીન્ડર દબાણ એક્ટીંગ સ્ટીમ એન્જીનનાં સીલીન્ડરનો વ્યાસ ૧૬ ઇંચ છે, સ્ટ્રોકની લંબાઈ ૨ ફુટ છે, અને દર મીનીટે આંટાની સંખ્યા ૧૧૦ છે. જો પીસ્ટન ઉપરનું સરેરાશ કાર્ય-સાધક દબાણ દર ચોરસ ઇંચ દીઠ ૩૫ પૌંડ હોય તો તે એન્જીનના ઇન્ડીકેટેડ હોર્સપાવર શોધો.

૬૭. એક પૌંડ સારી જાતના કોલસાની ગરમી આપવાની શક્તિને ફુટ-પૌંડમાં દર્શાવો ? સારી જાતના કોલસાની ગરમી આપવાની શક્તિ દર પૌંડ દીઠ ૧૩૫૦૦ બી. થ. યુ. છે.

૬૮. એક એન્જીન અને ત્રેનનું વજન ૧૦૦૦ ટન છે અને તે ૭૫૦ હોર્સપાવર આપી શકે છે. જો ત્રેનની ઝડપ દર કલાકે ૩૩

માઇલિની હોય, તે એન્જીન અને ટ્રેનની ગતિને નડતો અવરોધ (રીઝીસ્ટન્સ) દર ટન દીઠ કેટલા પૈંડ હશે ?

૬૯. ૨૦ ફુટ ચોરસ અને ૪૦ ફુટ ચોરસ તળીયાંવાળી બે ધન (ક્યુબીકલ) ટાંકીઓને એવી રીતે ગોઠવવામાં આવી છે કે મોટી ટાંકીનું તળીયું પાણીથી ભરેલી નાની ટાંકીનાં તળીયાથી ૪૦ ફુટ ઉંચે છે, તો નાની ટાંકીમાંનાં પાણીને મોટી ટાંકીમાં ચઢાવતાં પમ્પને કેટલું કામ કરવું પડશે ?

૭૦. ૩૦ ફુટ લાંબા એક ભારવટીઆ એટલે ખીમ ઉપર બે વજનો મુકેલાં છે. ૧૦૦૦ પૈંડનું એક વજન એક છેડાથી ૯ ફુટ દૂર મુકેલું છે, અને ૧૫૦૦ પૈંડનું ખીજું વજન ખીજા છેડાથી ૬ ફુટ દૂર મુકેલું છે. જો પહેલા છેડા આગળનું પ્રતિકાર્ય ૧૫૦૦ પૈંડ હોય તો ખીમનું વજન શોધો.

૭૧. એક સ્ટીમ એન્જીનના પીસ્તનનો વ્યાસ ૨૦ ઇંચ છે, સ્ટ્રોકની લંબાઈ ૨૮ ઇંચ છે, વરાળનું સરેરાશ દબાણ દર ચોરસ ઇંચ દીઠ ૬૬ પૈંડ છે, અને એન્જીનની ફરવાની ઝડપ દર મીનીટે ૨૦ આંટા છે. આ એન્જીન દબાવેલ એક ટીંગ છે અને દર મીનીટે ૨૦૦ ધનફુટ પાણીને ૮૮ ફુટની ઉંચાઈએ ચઢાવી શકે એવા દબાવેલ એક ટીંગ પમ્પને તે ચઢાવે છે, તો આ પ્લાન્ટની એપ્રીશીયન્સી એટલે કાર્યસાક્ત શોધો.

૭૨. એક ઢાળ (ઇન્કિન્કાઇન્ડ પ્લેન) ઉપર ધર્પણને લીધે નડતો અવરોધ દર ટન દીઠ ૧૫૦ પૈંડ છે, તો દર ૨૫ ફુટની લંબાઈએ ૧ ફુટના ઢાળવાળા રસ્તા ઉપર ૫ ટનનાં વજનને ૩૦૦ ફુટની ઉંચાઈએ ચઢાવવામાં કેટલું કામ થશે, અને તેજ વજનને નીચે ઉતારતાં કેટલું કામ થશે ?

૭૩. એક લોકોમોટીવ (આગગાડીનાં એન્જીન)નાં ડ્રાઇવીંગ વ્હીલ્સ એટલે ચલાવનારાં પૈંડાનો વ્યાસ ૭ ફુટ છે, તો બ્યારે એન્જીન દર કલાકે ૬૯ માઇલિની ઝડપે દોડતું હોય ત્યારે તે એન્જીનનાં ડ્રાઇવીંગ વ્હીલ્સ દર મીનીટે કેટલા આંટા ફરશે ? જો સ્ટ્રોકની લંબાઈ ૨૮ ઇંચ હોય, તો દર મીનીટે પીસ્તનની ઝડપ શોધો.

૭૪. દર ૫૦૦ ફુટ દીઠ ૩ પૌંડનાં વજનનાં ૩૦૦ ફુટ લાંબાં એક દોરડાંને એક ડ્રમ ઉપરથી લટકાવેલું છે, અને તેના લટકતા છેડા સાથે ૨ ટનનું વજન બાંધેલું છે, તો તે દોરડાંને ડ્રમ ઉપર (૧) ૧૦૦ ફુટની લંબાઈ, (૨) ૨૦૦ ફુટની લંબાઈ, અને (૩) આખી લંબાઈ લપેટતાં કેટલું કામ થશે તે શોધો.

૭૫. ૫ ફુટ ચોરસ તળીયાંવાળી એક ચોખ્ખી ટાંકીમાંથી ૬ ફુટ વ્યાસનાં તળીયાંવાળી એક નળાકાર ટાંકીમાં ૨૫૦ ઘનફુટ પાણીને એક પમ્પ વડે મોકલવામાં આવે છે. નળાકાર ટાંકીનું તળીયું ચોખ્ખી ટાંકીનાં તળીયાંથી ૨૦ ફુટ ઉચે છે, તો આ ક્રિયામાં થયેલું કામ શોધો.

૭૬. ૧૦ ફુટ વ્યાસનાં એક ફ્લાઈ વ્હીલને ૪ ઈંચ વ્યાસની એક શાફ્ટ ઉપર ચાવીથી સજ્જ કરેલું છે, અને તે દર મીનીટ ૩૦૦ આંટાની ઝડપે ફરે છે. ફ્લાઈ વ્હીલ અને શાફ્ટનું વજન ૧૩ ટન છે અને ધર્ષણનો ગુણક (ફ્રિક્શન કો-એફિશિયન્ટ એન્ડ ફ્રીક્શન) ૦.૦૨૫ છે, તો તે ફ્લાઈ વ્હીલ ચલાવવામાં કેટલા હોર્સ પાવર ખર્ચ થશે ?

૭૭. ૩ ફુટ વ્યાસની અને ૭ ફુટ ઉંચી એક નળાકાર ટાંકીને એક પમ્પ વડે પાણીથી ભરતાં કેટલો વખત લાગશે ? પમ્પનો વ્યાસ ૪ ઈંચ છે, સ્ટ્રોકની લંબાઈ ૧૨ ઈંચ છે, અને દર મીનીટ કાર્યસાધક સ્ટ્રોક ૧૦૦ છે.

૭૮. ૮ હોર્સ પાવરનું એક એન્જીન ૩ મીનીટમાં ૯૦ ફુટની ઉંચાઈએ કેટલું વજન ઉપાડી શકશે ? વળી તેજ એન્જીન તેટલાજ વખતમાં ૧૩ ટનનાં વજનને કેટલી ઉંચાઈએ ઉપાડી શકશે ?

૭૯. ૨૪૦ ફુટ લાંબી અને દર ૫૦૦ ફુટ લંબાઈ દીઠ ૧૦ પૌંડનાં વજનની એક સાંકળને એક ડ્રમ ઉપરથી લટકાવવામાં આવી છે. આ સાંકળના નીચલા લટકતા છેડા સાથે ૫ ટનનું વજન બાંધેલું છે, તો આ વજનને ૬ મીનીટમાં ૨૦૦ ફુટની ઉંચાઈએ ઉપાડવા માટે કેટલા હોર્સપાવર જોઈશે તે શોધો.

૮૦. એક સ્ટીમ એન્જીનમાં પીસ્ટનનો વ્યાસ ૩૦ ઇંચ છે, સરેરાશ કાર્યસાધક દબાણ દર ચોરસ ઇંચ દીઠ ૨૫ પૌંડ છે, દર મીનીટે આંટાની સંખ્યા ૫૮ છે, અને ઈન્ડીકેટેડ હોર્સ પાવર ૧૨૫ છે, તે કેંકની લંબાઈ શોધો.

૮૧. ૪૦ હોર્સપાવરનું એક ત્રેક્શન એન્જીન એક સપાટ સડક ઉપર ૧૪ ટનનો બોલો ખેંચે છે. અવરોધ દર ટન દીઠ ૨૦ પૌંડ છે. જો એન્જીનનું પોતાનું વજન ૭ ટન હોય તો દર કલાકે તેની ઝડપ શોધો. વળી જ્યારે તે એન્જીન ૨૦૦ એ ૧ના ઢાળવાળી સડક ઉપરથી નીચે ઉતરે ત્યારે તેની ઝડપ કેટલી હશે ?

૮૨. એન્જીન વડે ચાલતા એક પમ્પ વડે દર કલાકે ૨૦૦ ગેલન પાણીને ૨૦ ફુટની ઉંડાઈએથી ઉપાડવાનું છે. જો પમ્પની એપ્રીશીઅન્સી ૬૦ ટકા હોય, તો પમ્પ ચલાવવા માટેનાં એન્જીનના હોર્સપાવર શોધો.

૮૩. એક સ્ટીમ એન્જીનનાં સીલીન્ડરનો વ્યાસ ૬૦ ઇંચ છે. વરાળને સ્ટ્રોકના ૧ ફુટે કટ-ઓફ કરવામાં આવે છે. જો એન્જીન દર મીનીટે ૯૦ સ્ટ્રોક કરે, તો દર કલાકે તે એન્જીનમાં કેટલા ધનફુટ વરાળ જોઈશે ? જો ૧ ધનફુટ વરાળનું વજન ૧૨ પૌંડ હોય, તો તે વરાળનું વજન શોધો.

૮૪. એક સ્ટીમ એન્જીનનાં સીલીન્ડરનો વ્યાસ ૭૨ ઇંચ છે અને સ્ટ્રોક ૭ ફુટ લાંબો છે, તો તે સીલીન્ડરનું ધનમાપ (વોલ્યુમ) શોધો. વળી આ સીલીન્ડરને વાતાવરણનાં દબાણની વરાળથી ભરવા માટે કેટલા પૌંડ પાણીનું વરાળમાં રૂપાંતર કરવું જોઈશે ? એમ આપેલું છે કે વાતાવરણનાં દબાણની વરાળનું ધનમાપ એટલે વોલ્યુમ તેને જે પાણીમાંથી ઉત્પન્ન કરવામાં આવી છે તે પાણીનાં ધનમાપ એટલે વોલ્યુમ કરતાં ૧૬૭૦ ગણું મોટું છે. એક પૌંડ પાણીનું ધનમાપ એટલે વોલ્યુમ ૦.૦૧૬ ધનફુટ છે.

૮૫. ૧૫ હોર્સપાવરનાં એન્જીન અને પમ્પ વડે એક કલાકમાં કેટલા ગેલન પાણીને ૫૦૦ ફુટની ઉંડાઈએ ચઢાવી શકાશે ? એપ્રી-શીઅન્સી ૭૭ ટકા છે.

૮૬. ૬ ટનનાં વજનનું એક ત્રેકશન એન્જીન પોતાની પાછળ ૨૪ ટનનાં વજનને દર કલાકે ૧૦ માઇલની ઝડપે ખેંચી જાય છે. જો એન્જીન ૩૦ હોર્સપાવર ઉત્પન્ન કરે, તો કુલ વજનનાં દર ટન દીઠ ખેંચાણને નડતો કુલ અવરોધ કેટલો હશે તે શોધો.

૮૭. એક સ્ટીમ એન્જીનના સ્લાઇડ વાલ્વની સરતી સપાટી ૧૦ ઇંચ લાંબી અને ૧૬ ઇંચ પહોળી છે. વાલ્વની પીઠ ઉપર વરાળનું દબાણ દર ચોરસ ઇંચ દીઠ ૭૫ પૌંડ છે. જો તે સ્લાઇડ વાલ્વને ચલાવવા માટે ૧૭૫૦ પૌંડનું જોર જોઈએ, તો વાલ્વનો ધર્પણનો ગુણુક એટલે કોએફીશન્ટ ઓફ ફ્રિક્શન શોધો.

૮૮. ૩૦ ફુટ લાંબા એક બીમ ઉપર નીચે પ્રમાણે ત્રણ વજનો લાધેલાં છે:— એક છેડેથી ૫ ફુટ દુર ૧૬૦ પૌંડનું વજન; તેજ છેડેથી ૧૮ ફુટ દુર ૨૪૦ પૌંડનું વજન; અને બીજે છેડેથી ૬ ફુટ દુર ૨૦૦ પૌંડનું વજન. તો બીમનું વજન ધ્યાનમાં ન લેતાં બંને છેડાઓ આગળનાં પ્રતિકાર્ય શોધો.

૮૯. એક કલાકમાં એક હોર્સપાવરનો ખર્ચ કરવામાં આવે છે, તો આ શક્તિને ફુટ-પૌંડમાં દર્શાવો. એક હાઈડ્રોલીક કુમ્પની (પાણી પુરું પાડનારી કુમ્પની) દર ચોરસ ઇંચ દીઠ ૧૦૦૦ પૌંડનાં દબાણે ૧૦૦૦ ગેલન પાણી ૧ શ. ૪ આનાની કિંમતે પુરું પાડે છે, તો દર હોર્સપાવર-અવર (એટલે એક કલાકમાં એક હોર્સપાવર) દીઠ શું કિંમત પડશે ?

૯૦. એક ઘોડો સપાટ સડક ઉપર દર ટન દીઠ ૪૦ પૌંડનું ખેંચાણ કરી ૧૫ હંડ્રેડવેટનાં વજનને ખેંચે છે. જો વજન ખેંચવામાં તે ઘોડો $\frac{1}{3}$ હોર્સપાવર જેટલું કામ કરે, તો ૧૦ મીનીટમાં તે કેટલું અંતર ચાલશે ?

૯૧. એક સ્ટીમ એન્જીન ૨૫૦ હોર્સપાવર ઉત્પન્ન કરે એવું જોઈએ છે. પીસ્ટન ઉપરનું સરેરાશ દબાણ દર ચોરસ ઇંચ દીઠ ૪૬ પૌંડ છે, અને પીસ્ટનની ઝડપ દર મીનીટે ૫૦૦ ફુટ છે, તો તે એન્જીનનાં સીલીન્ડરનો વ્યાસ શોધો.

૯૨. એક લોકોમોટીવ એન્જીનનું વજન ૩૦ ટન છે અને તે પોતાની પાછળ ૩૭૦ ટનનાં વજનની એક ત્રેનને ખેંચે છે. ડ્રાઈવીંગ વ્હીલનો વ્યાસ ૮ ફુટ છે અને તે એક મીનીટમાં ૨૪૦ ચાંટા ફરે છે. જો ત્રેક્શન દર ટન દીઠ ૮ પૌંડ હોય, તો તે એન્જીન કેટલા હોર્સપાવર ઉત્પન્ન કરતું હોવું જોઈએ ?

૯૩. દર ફુટે ૩ પૌંડનાં વજનની એક સાંકળને એક લીસી સ્થાઈ પુલી ઉપરથી એવી રીતે પસાર કરવામાં આવે છે કે તેની એક બાજુ ઉપર સાંકળ ૨૦ ફુટ લટકતી રહે છે અને બીજી બાજુ ઉપર ૧૦ ફુટ લટકતી રહે છે, તો જ્યારે તે પુલીને એવી રીતે ફરવીએ કે જ્યાં સાંકળનો ઉપસો છેડો નીચલા છેડાથી ૬ ઇંચ ઉપર રહે ત્યારે તે ક્રિયા દરમ્યાન કેટલું કામ થશે તે કામની આકૃતિ પાડી બરાબર સમજાવો.

૯૪. એક કેનના ૧૬ ઇંચ લાંબા હાથા ઉપર એક માણસ ૨૪ પૌંડનું જેર લાગુ પાડે છે. જ્યારે હાથો એક મીનીટમાં ૬ વખત ફરે છે ત્યારે તે માણસને માલમ પડે છે કે ૬ હેડોડવેટનું વજન માત્ર ૧ ફુટ ઉંચે ચઢ્યું છે, તો તે કેનનું મોડ્યુલસ (એરીશીઅન્સી) શોધો.

૯૫. ૪૨ ઘાંતાનું એક પીનીઅન (ચક્કર) ૧ ઇંચ સરક્યુલર પીચવાળા રેકને ૧૫ ઇંચ લાંબા હાથાથી ચલાવે છે, તો જ્યારે તે હાથા ઉપર ૬૦ પૌંડનું જેર લાગુ પાડવામાં આવે ત્યારે રેક ઉપર ચલાવનારું દબાણ કેટલું આવશે તે કામનો નિયમ લાગુ પાડી શોધો.

૯૬. એક હોર્સપાવર એક કલાક સુધી વપરાય છે, તો આ શક્તિને ફુટ-પૌંડમાં દર્શાવો.

એક પાણી પુરું પાડનારી (હાઈડ્રોલીક) કુમ્પની દર ચોરસ ઇંચ દીઠ ૭૫૦ પૌંડનાં દબાણવાળું ૧૦૦૦ ગેલન પાણી ૧ રૂપીઆ ૮ આનાની કિંમતે પુરું પાડે છે, તો એક કલાકમાં એક હોર્સપાવરની શું કિંમત પડશે તે શોધો.

૯૭. એક સ્ટીમ એન્જીનનાં સીલીન્ડરનો વ્યાસ ૧૬ ઇંચ છે, અને સ્ટ્રોકની લંબાઈ ૨૪ ઇંચ છે. જો વરાળનું સરેરાશ દબાણ દર ચોરસ ઇંચ દીઠ ૩૬ પૌંડ હોય, તો ૧૯૦ સ્ટ્રોકમાં કેટલા પુટ-પૌંડ કામ આપશે ?

૯૮. એક ત્રેન ૭૭ મીનીટમાં ૫૬ માઈલ જાય છે, તો તે એક કલાકમાં કેટલા માઈલ જશે અને એક સેકન્ડમાં કેટલા પુટ જશે ?

૯૯. એક આડા સળીયા ઉપર તેના એક છેડેથી ૨, ૬, ૭ અને ૯ પુટ છેડે અનુક્રમે ૧૦ પૌંડનાં ૪ વજનો મુકવામાં આવ્યાં છે. જો તે સળીયો ૧૦ પુટ લાંબો હોય અને તેનું વજન ૨૦ પૌંડ હોય, તો તે સળીયાને આડી દિશામાં સમતોલ કરવા માટે ફલક્રમ કયાં મુકવું જોઈએ ?

૧૦૦. ૪૪૦ ઘનપુટ પાણીને ૧૫૦ પુટની ઉંચાઈએ ચઢાવતાં કેટલું કામ થશે તે શોધો. જો લાગુ પાડેલી શક્તિના ૨૫ ટકા ધર્ષણ, ગળતર, વીગેરેમાં વ્યર્થ જાય, તો આ કામ ૧૦ મીનીટમાં કરવા માટે જોઈતા હોર્સપાવર શોધો.

૧૦૧. ૬ ટન વજનનું એક ફ્લાઈ વ્હીલ ૧૨ ઇંચ વ્યાસની શાફ્ટ ઉપર ફરે છે. શાફ્ટની બેરીંગમાં ધર્ષણનો ગુણક ૦.૦૬ છે. જો ફ્લાઈ વ્હીલની ફરવાની ઝડપ દર મીનીટે ૧૫૦ આંટા હોય, તો એક કલાકમાં ધર્ષણનો અવરોધ દુર કરવામાં કેટલા પુટ-પૌંડ કામનો ખર્ચ થશે ?

૧૦૨. એક લોમોટીવ એન્જીન અને ત્રેનનું વજન ૪૦૦ ટન છે. તેમની ઝડપ દર કલાકે ૨૫ માઈલની છે, અને રેલવે સડક સપાટ છે. જો ખેંચાણના અવરોધનો ગુણક કુલ વજનના દર ટન દીઠ ૧૨ પૌંડ હોય, તો તે એન્જીનના હોર્સપાવર શોધો.

૧૦૩. એક ઘોડો દર કલાકે ૪ માઈલની ઝડપે ચાલી ૩ મીનીટમાં ૩૪૬૫૦ પુટ-પૌંડ કામ કરે છે, તો આ ક્રિયા દરમ્યાન તે ઘોડો ચાલુ કેટલું ખેંચાણ કરતો હશે તે શોધો.

૧૦૪. એક લીવર સેક્ટી વાલ્વનું ક્ષેત્રફળ ૧૬ ચોરસ ઇંચ છે, વાલ્વનાં મધ્યથી ફલક્રમ સુધીનું અંતર ૧ લેવાનું છે, અને લીવર ઉપરનાં વજનને ૩, ૫, ૬, અને ૮ વડે દર્શાવેલાં અંતરોએ મુકી શકાય છે, તો બ્યારે ૮૦ પૌંડનું વજન આ બુદ્ધાં બુદ્ધાં સ્થાનોએ વારાફરતી મુકવામાં આવે ત્યારે વાલ્વ સ્ટીમને ખ્લોઝોફ કરે ત્યારે વરાળનાં દબાણ દર ચોરસ ઇંચ દીઠ કેટલાં હશે તે શોધો. લીવર અને વાલ્વનું વજન ધ્યાનમાં લેવાનું નથી.

૧૦૫. એક એન્જીન ૨ ટન વજનના કોલસાને ૨ મીનીટમાં ૫૦૦ ફુટ ઉંડી ખાણમાંથી બહાર કાઢી શકે છે, તો તે એન્જીનના હોર્સપાવર શોધો.

૧૦૬. “હોર્સપાવર”ની વ્યાખ્યા આપો. એક પટાની ઝડપ દર મીનીટે ૨૦૦૦ ફુટ છે, અને તે પટાની બંને બાજુએ ઉપરનાં ખેંચાણો વચ્ચેનો તફાવત ૩૬૩ પૌંડ છે, તો એક મીનીટમાં તે પટા વડે થતું કામ શોધો, અને વર્ગી સંચાર થતા હોર્સપાવર શોધો.

૧૦૭. એક મોટરકારની ઝડપ દર કલાકે ૨૫ માઇલ છે, તો દર સેકન્ડે તેની ઝડપ કેટલા ફુટ હશે? જો તે મોટરકારની ઝડપ એકજ સરખી કાયમ રાખવામાં આવે, તો ૩ માઇલનું અંતર પસાર કરવાને તેને કેટલી મીનીટ લાગશે?

૧૦૮. “ક્રોએશીશન્ટ ઓફ ફ્રીક્શન”ની વ્યાખ્યા આપો. ૨ માઇલ લાંબી એક આડી સપાટ સપાટી ઉપર ૨૨ હંડ્રેવેટનાં વજનને ખેંચી જવામાં કેટલું કામ થશે તે શોધો. ક્રોએશીશન્ટ ઓફ ફ્રીક્શન એટલે ઘર્ષણનો ગુણક ૦.૦૪ છે.

૧૦૯. એક પ્લેનીંગ મશીનની ટેબલને રેક અને પીનીઅન વડે ચક્ષાવવામાં આવે છે. પીનીઅનનાં પીચ સર્કલનો વ્યાસ ૬ ઇંચ છે, તો ટેબલને દર મીનીટે ૧૬ ફુટની ઝડપે ચક્ષાવવા માટે પીનીઅનને કેટલી ઝડપે ફેરવવું જોઈએ?

૧૧૦. ૩૦ ફુટ લાંબા અને ૬૦૦ પૌંડનાં વજનના એક ખીમ ઉપર નીચે પ્રમાણેનાં વજનો લાધ્યાં છે:-જમણા હાથ તરફના ટેકાથી ૪ ફુટ દુર ૪૦૦ પૌંડનું વજન; તેજ ટેકાથી ૧૮ ફુટ દુર ૧૦૦૦ પૌંડનું વજન; ડાબા હાથ તરફના ટેકાથી ૭ ફુટ દુર ૪૦૦૦ પૌંડનું વજન. તો બન્ને ટેકાઓ ઉપરનાં દબાણો શોધો.

૧૧૧. એક માણસ હેન્ડ કેન (હાથથી ચાલતી કેન)ને ચલાવતાં ૧૬ ઇંચ લાંબા હાથા ઉપર ૨૮ પૌંડનું જોર લાગુ પાડે છે, અને એક મીનીટમાં હાથાને ૧૦ આંટા ફેરવે છે. ૩ મીનીટમાં તે માણસ ૬ હેન્ડ્રેડવેટનાં વજનને ૬ ફુટની ઉંચાઈએ ઉપાડે છે, તો તે કેનની એપ્રીશીઅન્સી શોધો.

૧૧૨. ૫૬ પૌંડનાં એક વજનને એક સ્થિતિસ્થાપક દોરડાં વડે જમીન ઉપરથી ઉપાડી ૩ ફુટ ઉંચા ટેબલ ઉપર મુકવાનું છે. દોરડું તે ઉપર લાગુ પાડેલાં દરેક ૩૦ પૌંડ દીઠ એક ફુટ લંબાય છે, તો તે વજન ઉપાડતાં કુલ કેટલું કામ થશે?

૧૧૩. એક સ્ટીમ એન્જીનનાં સીલિન્ડરનો વ્યાસ ૧૫ ઇંચ છે, અને દરેક સ્ટ્રોક દરમ્યાન પીસ્ટન ઉપરનું વરાળનું સરેરાશ દબાણ દર ચોરસ ઇંચ દીઠ ૪૦ પૌંડ છે. જો સ્ટ્રોટની લંબાઈ ૧૮ ઇંચ હોય, તો દરેક સ્ટ્રોક દીઠ કેટલું કામ થશે તે શોધો.

૧૧૪. એક ઢાળવાળી સપાટીની લંબાઈ ૪૦૦ ફુટ છે અને ઉંચાઈ ૩૦૦ ફુટ છે. જો કોએફિશન્ટ ઓફ ફ્રીક્શન (ઘર્ષણનો ગુણક) ૦.૫ હોય, તો તે ઢાળ ઉપર ૧૫૦ પૌંડનાં વજનને ખેંચી જતાં કેટલું કામ થશે?

૧૧૫. એક કુવાનો વ્યાસ ૧૨ ફુટ છે અને ઉંચાઈ ૨૫ ફુટ છે. આ કુવો પાણીથી છત્તાછત્ત ભરેલો છે, તો આ કુવામાંનાં સઘળાં પાણીને પમ્પ વડે બહાર કાઢતાં કેટલું કામ થશે તે શોધો. પાણીને બહાર કાઢવાની ક્રિયા દરમ્યાન કુવાનાં પાણીમાં કશો પણ વધારો થતો નથી.

૧૧૬. એક સ્લાઈડ વાલ્વની સરતી સપાટી (rubbing surface)નું માપ ૯ ઇંચ x ૧૫ ઇંચ છે. સ્લાઈડ વાલ્વની પીઠ ઉપર પડતું વરાળનું દબાણ દર ચોરસ ઇંચ દીઠ ૮૦ પૈંડ છે. કોએશીશન્ટ ઓફ ફ્રીક્શન (ઘર્ષણનો ગુણક) ૦.૧૫ છે, તો તે સ્લાઈડ વાલ્વને ચલાવવા માટે દર ચોરસ ઇંચ દીઠ કેટલું દબાણ જોઈશે ?

૧૧૭. એક માણસનું વજન ૧૬૮ પૈંડ છે, અને તે પોતાની સાથે ૨૮ પૈંડનાં વજનને લઈ ૨૫ ફુટ ઉંચા દાદર ઉપર ચઢી $\frac{1}{2}$ મીનીટમાં માળ ઉપર પહોંચે છે, તો આ ક્રિયામાં કેટલા હોર્સપાવરનો ખર્ચ થશે તે શોધો.

૧૧૮. એક લીવર ૩૬ ઇંચ લાંબો છે અને તેનું વજન ૧૫ પૈંડ છે. આ લીવરને તેના એક છેડાથી ૨ ઇંચ દુર એક ફલક્રમ ઉપર ટકવેલો છે, તો તે લીવરને આડી દિશામાં રાખવા માટે તેને ખીન્ને છેડે ઉપલી દિશામાં કેટલું જોર લાગુ પાડવું જોઈએ ?

૧૧૯. એક વાઈન્ડીંગ એન્જીન વડે ૩ ટન કોલસાને એક સરખી ઝડપે ૨ મીનીટમાં $\frac{1}{2}$ માઈલ ઉંડી ખાણમાંથી ઉપાડી બહાર કાઢવાનો છે. ધારો કે લાગુ પાડેલાં કુલ જોરના ૩૦ ટકા ઘર્ષણમાં વ્યર્થ જાય છે, તો તે એન્જીને ખર્ચ કરેલા હોર્સપાવર શોધો,

૧૨૦. એક ત્રેન જેનું વજન ૧૫૦ ટન છે તે દર કલાકે ૩૫ માઈલની ઝડપે દોડે છે. જો ઘર્ષણનો અવરોધ દર ટન દીઠ ૧૫ પૈંડ હોય, તો તે ત્રેનનાં એન્જીને ખર્ચ કરેલા હોર્સપાવર શોધો. જો તે ત્રેન ૮૦એ ૧ના ઠાળવાળી સડક ઉપર ચઢે અને ઝડપ તેજ કાયમ રહે, તો કેટલા વધારાના હોર્સપાવર ખર્ચ થશે ?

૧૨૧. એક ફ્લાઈ વ્હીલ જેનો વ્યાસ ૧૨ ઇંચ છે અને વજન ૫ ટન છે તેને એક શાફ્ટ ઉપર બેસાડેલું છે. તેની ગતિને લીધે તે ફ્લાઈ વ્હીલમાં જે કામનો જથ્થો એકઠો થાય છે તે ૭ હોર્સપાવરની બરાબર છે. જો શાફ્ટ અને તેની બેરીંગો વચ્ચેનો કોએશીશન્ટ ઓફ ફ્રીક્શન (ઘર્ષણનો ગુણક) ૦.૦૮ હોય, તો તે ફ્લાઈ વ્હીલ ઉભું રહેવાની પૂર્વે કેટલા આંટા ફરશે ?

૧૨૨. એક હાઈ પ્રોલીક મોટર (પાણીનાં દબાણથી ચાલતું એન્જીન) ૭૫ ટકાની મીકેનીકલ એફીશીઅન્શી (યાંત્રિક કાર્યસાધકતા) સાથે ૨૫

એક હોર્સપાવર ઉત્પન્ન કરે છે. તેમાં દર ચોરસ ઇંચ દીઠ ૭૦૦ પૌંડનાં દબાણવાળું પાણી પુરું પાડવામાં આવે છે, તો તેમાં દર મીનીટે કેટલા જેટલું પાણી ખપશે ?

૧૨૩. રેક સાથે ગીયર થતાં એક પીનીઅનને ૩ ઇંચ પીઅના ૨૦ ઠાંતા છે અને તે દર મીનીટે ૧૦૦ આંટા ફરે છે. રેકને પ્લેનીંગ મશીનની ટેબલ સાથે જોડેલો છે, તો ટેબલ કેટલી ઝડપે ચાલશે ? જો રેક અને પીનીઅનના ઠાંતા વચ્ચેનું દબાણ ૫૦૦ પૌંડ હોય, તો સંચાર થતા હોર્સપાવર શોધો.

૧૨૪. એક એન્જીનનાં સીલીન્ડરનો વ્યાસ ૯.૫ ઇંચ છે, સ્ટ્રોકની લંબાઈ ૧૮ ઇંચ છે, સરેરાશ કાર્યસાધક દબાણ દર ચોરસ ઇંચ દીઠ ૧૦૬ પૌંડ છે, અને દર મીનીટે સ્ટ્રોકની સંખ્યા ૭૭ છે. જો તે એન્જીનની મીકેનિકલ એપ્રીશીઅન્સી (યાંત્રિક કાર્યસાધકત્વ) ૮૬.૪ ટકા હોય, તો એક હોર્સપાવર શોધો.

૧૨૫. એક ખીમ AB ૨૦ ફુટ પહોળા એક ખુલ્લા માર્ગ ઉપર આપેલો છે, અને તેને બન્ને છેડે ટેકાઓ ઉપર ટેકવેલો છે. તે ખીમ ઉપર છેડા A થી ૪ ફુટ અને ૧૫ ફુટનાં અંતરે અનુક્રમે ૫ ટન અને ૭ ટનનાં બે વજનો લાદેલાં છે. જો ખીમનું વજન ૪ ટન હોય, તો દરેક છેડા ઉપરનાં પ્રતિકારો શોધો.

૧૨૬. એક લીવર સેફ્ટી વાલ્વનું ક્ષેત્રફળ ૪.૫ ચોરસ ઇંચ છે અને તેનો લીવરેન્જ ૩ ઇંચ છે. લીવરનું વજન ૮ પૌંડ છે, અને તેનું સેન્ટ્રોઈડ (ગુરૂત્વ મધ્યબિંદુ) ફ્લક્કમથી ૮ ઇંચ દુર છે, તો તે વાલ્વને દર ચોરસ ઇંચ દીઠ ૬૦ પૌંડનાં વરાળનાં દબાણે ઉપાડવા માટે લીવર ઉપર ફ્લક્કમથી ૧૮ ઇંચ દુર કેટલા પૌંડનું વજન લટકાવવું જોઈએ તે શોધો.

૧૨૭. ૬ ફુટ લાંબા અને ૨૦ પૌંડનાં વજનના એક લોખંડના સળીયાને એક છેડા આગળ ફ્લક્કમ ઉપર ટેકવેલો છે. જો ૫૬ પૌંડનાં વજનને તે સળીયા ઉપર ફ્લક્કમથી ૨ ફુટનાં અંતરે લટકાવવામાં આવે, તો તે સળીયાને આડાં સ્થાનમાં રાખવા માટે તેને ખીજે છેડે ઉપલી દિશામાં કેટલું ઉભું જોર લાગુ પાડવું જોઈએ ?

જવાબો

એકસસાંઈઝ ૧લી. પૃષ્ઠ ૫૩-૫૮.

૧. ૪૪-૧૭૮ ચોરસ ઇંચ. ૨. ૬૨-૮૩૨ ચોરસ ઇંચ. ૩. ૧૨-૫ ચોરસ ઇંચ. ૪. ૨૧૦ ચોરસ ફુટ. ૫. ૩૮-૬ ચોરસ ઇંચ, ૬. ૧૬૩ ઇંચ. ૭. ૧૩-૩૮ ઇંચ. ૮. ૫૭-૭૨૬૯ ચોરસ ફુટ. ૯. દરેક છોડાની પ્લોટ ઉપર ૧૨૭૨૩૪-૮ પૌંડ; ભુંગળાં ઉપર ૧૮૦૯૫૬-૧૬ પૌંડ.
૧૦. ૯૯ ચોરસ ફુટ. ૧૧. ૪૫૨૭-૪ ટન. ૧૨. ૩-૭૩ ફુટ; ૧-૦૮ ચોરસ ફુટ; ૫-૮૨૫ ફુટ; ૧-૬ ચોરસ ફુટ. ૧૩. ૩ ઇંચ.
૧૪. ૬૩૨-૮૧૨૫ ગેલન; ૬૩૨૮-૧૨૫ પૌંડ. ૧૫. ૯૨૦ પૌંડ; ૧૬ ધન ફુટ. ૧૬. ૧૯૪-૫ પૌંડ. ૧૭. ૫૮૩. ૮ આ. ૧૮. ૩-૧૨૫ ચોરસ ફુટ; ૪૫૦ ચોરસ ઇંચ. ૧૯. ૬૪ ગાળા. ૨૦. ૨૭૭ પૌંડ.
૨૧. ૧૬-૨૭ ઇંચ. ૨૨. ૧૭-૪૯ પૌંડ. ૨૩. ૧૧૩-૭ પૌંડ. ૨૪. ૧૭૬૭ ધન ફુટ. ૨૫. ૮૭૦-૩ ચોરસ ફુટ. ૨૬. ૧૮૭૫૦ પૌંડ; ૧૮૭૫ ગેલન. ૨૭. ૬' x ૬' x ૬'. ૨૮. ૧૩૧-૨૫ ગેલન; ૧૨૦૭-૫ પૌંડ. ૨૯. ૭૮૫૪ પૌંડ; ૭૮૫-૪ ગેલન. ૩૦. ૧૨ ફુટ ૧૧ ઇંચ. ૩૧. ૨૬-૪ ટન. ૩૨. ૧૩૧-૪ પૌંડ. ૩૩. ૩૩-૫ ગેલન.
૩૪. ૩૩૬-૬ પૌંડ. ૩૫. ૮૦૦૬-૩૮૭૨ પૌંડ. ૩૬. ૩૫૧-૨ પૌંડ. ૩૭. ૩ ટન ૪ હં. ૧ ક. ૧૦ પૌંડ. ૩૮. ૩ ટન ૩ હં. ૨ ક. ૭ પૌંડ. ૩૯. ૪૯૬ પૌંડ. ૪૦. ૨૦૬૧-૬ ગેલન; ૨૦૬૧૬ પૌંડ.
૪૧. ૭૪-૪૯ મીનીટ.

એકસસાંઈઝ ૨જી. પૃષ્ઠ ૯૭-૧૦૪.

૧. ૭૫૦ ફુટ-પૌંડ. ૨. ૩૪૦૦ ફુટ-પૌંડ. ૩. ૪૭૫૨૦૦ ફુટ-પૌંડ.
૪. ૨૬-૯ પૌંડ. ૫. ૨૩ માઇલિ. ૬. ૩૬૮ ફુટ-પૌંડ. ૭. ૮૫૮૬-૬ ફુટ-પૌંડ; ૦-૨૬ હોર્સપાવર. ૮. ૩૩૬૦૦ ફુટ-પૌંડ. ૯. ૩૫૩૫ પૌંડ; ૧૨૭૨૬૦૦ ફુટ-પૌંડ. ૧૦. ૧૨ હોર્સપાવર. ૧૧. ૭૭ પૌંડ. ૧૨. ૮૨૫ ફુટ. ૧૩. ૨૪૫ પૌંડ. ૧૪. ૧૦-૨૮ હોર્સપાવર. ૧૫. ૭૦૬-૩૬

હોર્સપાવર. ૧૬. ૧૬૪૯.૩૪ હોર્સપાવર. ૧૭. ૧.૫૪ યુટ. ૧૮. ૧૬
 ઇંચ. ૧૯. ૬૧૬.૫ ૨૦. ૩૬.૨૨ પૈંડ. ૨૧. ૮૮૦૦ યુટ-પૈંડ.
 ૨૨. (૧) ૫૬૫૭.૧ યુટ-પૈંડ; (૨) ૧૧૩૧૪૨૮.૫૭ યુટ-પૈંડ;
 (૩) ૩૪.૨૮ હોર્સપાવર. ૨૩. ૬૮.૭૫ ગેલન. ૨૪. ૧૮.૩૨ હોર્સપાવર.
 ૨૫. ૯૮.૧ હંડ્રેડવેટ. ૨૬. ૧૨ હોર્સપાવર. ૨૭. ૧૮૦૦ પૈંડ.
 ૨૮. ૧૮.૬૫ હોર્સપાવર. ૨૯. ૧૧૫૦૦૦ યુટ-પૈંડ. ૩૦. ૩૪૭૪૯૦૦
 યુટ-પૈંડ. ૩૧. ૩૭૮૦૦૦૦ યુટ-પૈંડ. ૩૨. ૨૮૮૦૦૦ યુટ-પૈંડ.
 ૩૩. ૧૫૦૦૦ યુટ-પૈંડ. ૩૪. (૧) ૩૦૨૯૦ યુટ-પૈંડ; (૨) ૨૦૬૪૦
 પૈંડ. ૩૫. (૧) ૯૦૦૦૦ યુટ-પૈંડ; (૨) ૪૫૦૦૦ યુટ-પૈંડ. ૩૬.
 ૨૪૦ યુટ-પૈંડ. ૩૭. $WN \left(L - \frac{N}{2} \right)$ યુટ-પૈંડ; $\frac{WL^2}{2}$ યુટ-
 પૈંડ. ૩૮. ૪૨૦૦૦ યુટ-પૈંડ. ૩૯. ૬૩૦૦૦ યુટ-પૈંડ; ૪૫૦૦૦
 યુટ-પૈંડ; ૨૭૦૦૦ યુટ-પૈંડ; ૯૦૦૦ યુટ- પૈંડ; ૩૩૯ યુટ.
 ૪૦. (૧) ૧૨.૫ ઇંચ-પૈંડ; (૨) ૫૦ ઇંચ-પૈંડ; (૩) ૨૦૦
 ઇંચ-પૈંડ; (૪) ૩૧૨.૫ ઇંચ-પૈંડ; (૫) ૬૧૨.૫ ઇંચ-પૈંડ; ૪૧. (૧)
 ૩૬૭૫૦૦ યુટ-પૈંડ; (૨) ૧.૮૫ હોર્સપાવર. ૪૨. ૧૦૨૪૦૦ યુટ-પૈંડ;
 ૦.૩૧ હોર્સપાવર. ૪૩. ૦.૧૪૫ હોર્સપાવર. ૪૪. ૩૧.૮ યુટ;
 ૫૫૯૦૦૦૦ યુટ-પૈંડ; ૪૫. ૩૪૮૮૧૦૦૦ યુટ-પૈંડ. ૪૬. ૧૧૫૨૦૦
 યુટ-પૈંડ; ૧૮૪૩૨ યુટ-પૈંડ; ૯૨૧૬૦૦ યુટ-પૈંડ. ૪૭. ૧૯૮૦૦૦૦
 યુટ-પૈંડ; ૨.૨૨૯ આના; ૪.૨૭ આના.

એકસર્સાઈઝ ૩૭. પૃષ્ઠ ૧૨૧-૧૨૨.

૧. (૧) ૧૧.૭ પૈંડ; (૨) ૮.૭ પૈંડ; (૩) ૧૪ પૈંડ. ૨. ૧૪.૫
 પૈંડ. ૪. ૧.૪૮ ટન; ૪.૭૨ ટન ૫. ૧.૨ ટન; ૧.૬ ટન; ૦.૯૬ ટન.
 ૬. AC ઉપર આવતું ખેંચાણ ૦.૧૬ ટન; BC ઉપર આવતું
 દબાણ અથવા ધક્કો ૦.૮૩ ટન. ૯. ૯.૩૬ ટન. ૮. ૭.૫ ઉપરનું
 દબાણ ૭.૧૨ પૈંડ; ટાઇરોડ ઉપરનું ખેંચાણ ૫.૭૫ પૈંડ. ૯. AP
 માંનું ખેંચાણ ૨૦૦૦ પૈંડ; BPમાંનું દબાણ અથવા ધક્કો ૩૪૬૪ પૈંડ.

એકસર્સાઈઝ ઈથી. પૃષ્ઠ ૧૪૧-૧૪૩.

૧. ૪૦૦ કુટ-પૌંડ. ૨. ૧૭.૧ પૌંડ; ૫.૧ પૌંડ. ૩. ૯.૩૭ પૌંડ; ૩૪.૩૭ પૌંડ. ૪. ૩૩.૬ ઈંચ. ૫. ૬.૪૩ ઈંચ; ૯૫ પૌંડ. ૬. ૮૨૫૦ પૌંડ. ૭. ૭૫૦૦ પૌંડ. ૮. ૬૦૪૮ પૌંડ. ૯. ૩.૫૫ ટન; ૨.૪૫ ટન. ૧૦. A આગળ ૧.૩૩ ટન; C આગળ ૪.૬૬ ટન. ૧૧. ૩૪૦ પૌંડ; ૩૮૫ પૌંડ. ૧૨. ૧૫૦ પૌંડ.

એકસર્સાઈઝ પમી. પૃષ્ઠ ૧૫૦-૧૫૨.

૧. ૪.૫ પૌંડ. ૨. ૫૮ પૌંડ. ૩. ૪૬ ઈંચ. ૪. ૮ પૌંડનાં વજનથી ૨ $\frac{૧}{૨}$ ઈંચ દુર. ૫. ૩૭.૩ ટન; ૪૧.૭ ટન. ૬. ૧૫ પૌંડ; ૩૦ પૌંડ; ૬૦ પૌંડ વજન; ૮૦ પૌંડ. ૭. ૮ પૌંડનાં વજનવાળા છેડાથી ૫૦ ઈંચ દુર. ૮. A આગળ ૫૩ હંડ્રેડવેટ; B આગળ ૮૧ હંડ્રેડવેટ. ૯. (૧) ૨૪૩૦ પૌંડ; (૨) ૫૨૯૨ પૌંડ. ૧૦. ૨૧.૩ પૌંડ. ૧૧. B ટેકા ઉપર ૪૫.૬ હંડ્રેડવેટ; C ટેકા ઉપર ૭૮.૧૫ હંડ્રેડવેટ.

એકસર્સાઈઝ ફફી. પૃષ્ઠ ૧૫૮-૧૫૯.

૧. ૬૦.૪ પૌંડ; ૫૫.૪ પૌંડ. ૨. ૫૮.૯ પૌંડ. ૩. ૧૨ ઈંચ દુર. ૪. ૩ $\frac{૧}{૨}$ ઈંચ.

એકસર્સાઈઝ ઊમી, પૃષ્ઠ ૧૬૭-૧૬૮.

૧. ૬૯.૨ પૌંડ. ૨. ૬૪.૧ પૌંડ. ૩. ૨૫૦ પૌંડ. ૪. ૯૭.૮૪૮ પૌંડ. ૫. ૪૮૦૦ પૌંડ. ૬. ૧૪.૮૯ પૌંડ. ૭. ૪૩.૨ પૌંડ.

એકસર્સાઈઝ ટમી. પૃષ્ઠ ૧૭૮-૧૮૦.

૧. P : W :: ૮ : ૧. ૨. ૧૦૦ પૌંડ; ૬.૬. ૩. ૧૬.૫ કુટ. ૪. ૫.૯ ઈંચ. ૫. ૮૯.૬ પૌંડ; ૨૫ ઈંચ. ૬. ૬૬.૮ પૌંડ; ૮૮.૫ પૌંડ. ૭. ૯૨૧.૬ પૌંડ; ૯૨૧.૬ પૌંડ. ૮. ૧૮૦૦ પૌંડ; ૧૮૦૦ પૌંડ. ૯. ૧૬૨૦ પૌંડ. ૧૦. ૧૫ $\frac{૩}{૪}$ ઈંચ; ૨ $\frac{૩}{૪}$ ઈંચ. ૧૧. ૬૦૦ પૌંડ; ૬૦૦ પૌંડ. ૧૨. (૧) ૧૫૦૭૯.૬ કુટ-પૌંડ; (૨) ૧૮૦૯૫૬૧.૬ કુટ-પૌંડ; (૩) ૫૪.૮ હોર્સપાવર. ૧૩. ૫૭૬ હોર્સપાવર.

એકસસાઈઝ લમી. પૃષ્ઠ ૧૯૭-૧૯૯.

૧. ૮૮૦૦ ડુટ-પૌંડ. ૨. ૧૭૯. ૩. ૩.૬ હોર્સપાવર.
 ૪. ૧૮૦૦૪ હોર્સપાવર. ૫. ૧૮૦૦ પૌંડ; ૧૪૪ હોર્સપાવર.
 ૬. ૫૬૦ ટન (એન્જીનનાં વજન સાથે). ૭. ૦.૭૬૮ હોર્સપાવર;
 ૩૨.૮ શ્રી. ય. યુ. (B. T. U.). ૮. ૩૪.૬ માઈલ. ૯. ૩૦ પૌંડ.
 ૧૦. ૦.૦૦૫૪ હોર્સપાવર. ૧૧. ૧૭૫.૭ ટન. ૧૨. ૧૧.૧ હોર્સપાવર.

એકસસાઈઝ ૧૦મી. પૃષ્ઠ ૨૧૩-૨૧૫.

૧. ૫૬૫૭.૧ ડુટ-પૌંડ; ૨૦૫૭.૧ ડુટ-પૌંડ ૨. ૧૯૪.૮ પૌંડ
 દર ટન દીઠ. ૩. ૧૧.૩ ટન. ૪. દર કલાકે ૩૦ માઈલ.
 ૫. ૮૩૧.૨ હોર્સપાવર; ૧૬૪.૪ હોર્સપાવર. ૬. ૧૨.૯ હોર્સપાવર.
 ૭. ૧૪.૨૯ ટન. ૮. ૩૨૦ હોર્સપાવર; ૧૨૧૬ હોર્સપાવર.
 ૯. ૨૦.૯ માઈલ. ૧૦. (૧) ૯૮૫૬૦૦૦ ડુટ-પૌંડ; (૨) ૯૦૬૭૫૨૦ ડુટ-પૌંડ.
 ૧૧. ૯.૪૨ ટન; ૨૭.૫ હોર્સપાવર. ૧૨. ૮ ટન; ૫૮૪.૩૪૭ ટન.

એકસસાઈઝ ૧૧મી. પૃષ્ઠ ૨૩૪-૨૩૮.

૧. ૦.૪૮૬. ૨. ૯.૬ ડુટ. ૩. ૭૯૧.૬ પૌંડ; ૦.૭૬. ૪. ૧૩૨૩
 હોર્સપાવર. ૫. ૦.૫૪૫. ૬. (૧) ૩૨૧ ગેલન; (૨) ૧૨૬૦૦૦૦
 ડુટ-પૌંડ; (૩) ૩૮.૧ હોર્સપાવર; (૪) ૭૬.૪ ટકા. ૭. ૧૦.૯૫
 હોર્સપાવર; ૪૮ એમ્પીઅર. ૮. ૩૦૦૦ ડુટ-પૌંડ; ૧૮૭૦૦ પૌંડ.
 ૯. દરેક આખદમાં કાર્બોનેટીક એનર્જી સરખી છે ૧ : ૧; ૨૭.૭ ટન.
 ૧૦. ૧૨૬૩૦૦૦૦૦ ડુટ-પૌંડ; ૫૫૦૦ હોર્સપાવર. ૧૧. (૧) ૮.૬૪
 હો. પા.; (૨) ૦.૨૭૫ હો. પા.; (૩) ૦.૦૬૨૮ હો. પા.; (૪)
 ૫.૮૯ હો. પા. ૧૨. (૧) ૦.૦૮૪૮; (૨) ૦.૧૪; (૩) ૦.૨૦૬.
 ૧૩. (૧) ૧૧૭૬૦૦૦ ડુટ-પૌંડ; (૨) ૩૭૨૬૦૦૦ ડુટ-પૌંડ; (૩)
 ૧૧૮૪૦૦૦૦ ડુટ-પૌંડ; (૪) ૧૪૭૦૪૨૦ ડુટ-પૌંડ; (૫) ૩૯૬૦૦૦૦
 ડુટ-પૌંડ; (૬) ૧૦૬૧૬૬૨૦ ડુટ-પૌંડ. ૧૪. ૩૦.૫૫ હોર્સપાવર;
 ૨૨૭૯૦ વૉટ; ૧૭૦ એમ્પીઅર; ૦.૦૦૩૫ પેન્સ. ૧૫. ૧૦.૯ ટકા.
 ૧૬. ૮.૪૧ ગેલન. ૧૭. ૧૨૮.૩ પૌંડ. ૧૮. ૩૭૮ પૌંડ; ૩૭૮ પૌંડ.

મીકેનીકલ એન્જનીયરીંગનાં પહેલાં વર્ષની વાર્ષિક
પરિક્ષામાં પુછાયેલા અને ઠીક પરચુરલ ઠાપેલાઓના
જવાબો. પૃષ્ઠ ૨૩૬-૨૫૮.

૧. ૩૬.૫ ફુટ. ૨. ૮૮.૦૮૫ પૌંડ. ૩. ૧૪૦૭૬ ગેલન. ૪. ૨૧૬ હોર્સપાવર. ૫. ૨૨૦ હોર્સપાવર. ૬. ૧૨.૬ ફુટ. ૭. ૧ કલાક. ૮. ૭૫.૬૮૬. ૯. ૨.૭૮૪. ૧૦. ૩૦૫.૭ આંટા. ૧૧. ૭.૫ પૌંડ માઈલ. ૧૨. ૨૩.૮ ઈંચ. ૧૩. ૧૮.૯૭ ફુટ. ૧૪. ૫૩ ફુટ ૪ ઈંચ. ૧૫. ૫.૫ ઈંચ. ૧૬. ૯૫૬.૨૫ ટન. ૧૭. ૧૭૯૪૦ ગેલન. ૧૮. ૭૮.૯ કલાક. ૧૯. ૧૦.૬ ધનફુટ. ૨૦. ૦.૫૧ હોર્સપાવર. ૨૧. ૩૦.૨૭ ચો. ફુટ. ૨૨. ૪૨.૬ હોર્સપાવર; ૧.૯૬ પૌંડ. ૨૩. ૧૦૦૦૩૫ ધનફુટ. ૨૪. ૪૧.૬૮ મીનીટ. ૨૫. ૧૩૭.૧૪ હો. પા. ૨૬. ૧૧૮.૦૮ પૌંડ. ૨૭. ૧૩૨૬.૮ ગેલન. ૨૮. ૧૭૪.૩ પૌંડ. ૨૯. ૦.૨૭ હો. પા. ૩૦. ૪૯૧.૦૭ ગેલન; ૪૦૨૬.૭ પૌંડ. ૩૧. ૪૫ મીનીટ. ૩૨. ૫.૦૧ ઈંચ. ૩૩. ૧૩.૬૩ હો. પા. ૩૪. ૧૧૨૬૧૨.૫ ધનફુટ. ૩૫. ૩૮.૨૫ માઈલ. ૩૬. (૧) ૨૨૪૦૦ ફુટ-પૌંડ; (૨) ૬૫૮૭૧૨ ફુટ-પૌંડ; (૩) ૧૯૮૦૦૦૦ ફુટ-પૌંડ. ૩૭. ૧૨૧.૩ હો. પા. ૩૮. ૧૮૩૩.૩ ચો. ફુટ. ૩૯. ૧૧૫૦૦૦ ફુટ-પૌંડ. ૪૦. ૧૩૭.૧૪ હો. પા. ૪૧. ૧૭૨૮૫.૭ પૌંડ. ૪૨. ૩૧૫૦ પૌંડ. ૪૩. ૮૩૮૬૫૬૦ ફુટ-પૌંડ; ૭૨.૬ હો. પા. ૪૪. ૨૨૫ ફુટ-પૌંડ; ૦.૭૫. ૪૫. ૩૮.૧ મીનીટ. ૪૬. ૩૩.૬ હોર્સપાવર. ૪૭. ૨૪.૧ મીનીટ. ૪૮. ૨૪૦૦ પૌંડ. ૪૯. $\frac{W}{P} = \frac{૨૩}{૧}$; ૦.૭૫. ૫૦. ૨૦૦ આંટા. ૫૧. ૩૫૧૮.૫૯૨ ફુટ-પૌંડ; ૬.૩૯૭ હો. પા. ૫૨. ૭૪.૬ નોમીનલ હોર્સપાવર. ૫૩. ૨૪.૭૭ ઈંચ. ૫૪. ૧૭૧.૭ પૌંડ. ૫૫. ૪૯ ઈંચ; ૨૨૦ પૌંડ. ૫૬. ૫૨૯.૦૬ હો. પા.; ૨૭.૫ માઈલ દર કલાકે. ૫૭. ૯૨૧.૬ પૌંડ. ૫૮. પૌંડ; ફુટ-પૌંડ; ૫૫૦૦ ફુટ. ૫૯. ૦.૫૩. ૬૦. વજનથી ૭.૨ ઈંચ દુર. ૬૧. ૬૪.૨૮ પૌંડ. ૬૨. ૩૨.૨૫ માઈલ. ૬૩. ૨૦.૫૫ ઈંચ. ૬૪. ૩૪૯૨૭૨ ફુટ-પૌંડ. ૬૫. ૯૨.૪૬ ટન. ૬૬. ૯૩.૬૬ હો. પા. ૬૭. ૧૦૫૦૩૦૦૦ ફુટ-પૌંડ.

૬૮. ૮૫૨ પૌંડ દર ટન દીઠ. ૬૯. ૧૬૨૫૦૦૦૦ ડુટ-પૌંડ.
 ૧૭૦. ૧૦૦૦ પૌંડ. ૭૧. ૦.૫૬. ૭૨. ૩૫૯૪૦૦ ડુટ-પૌંડ; ૬૦૬૦૦
 ડુટ-પૌંડ. ૭૩. ૨૭૬ આંટા; ૧૨૮૮ ડુટ. ૭૪. ૫૨૩૦૦૦ ડુટ-પૌંડ;
 ૧૦૧૬૦૦૦ ડુટ-પૌંડ; ૧૪૭૯૦૦૦ ડુટ-પૌંડ. ૭૫. ૩૦૩૪૨૪.૭
 ડુટ-પૌંડ. ૭૬. ૦.૮ હો. પા. ૭૭. ૫.૬૭ મીનીટ. ૭૮. ૨૨૦૦ પૌંડ;
 ૫૮.૯૨ ડુટ. ૭૯. ૧૨.૭ હો. પા. ૮૦. ૧.૦૦૫ ડુટ. ૮૧. ૩૫.૭ માઈલ;
 ૮૧.૧૬ માઈલ. ૮૨. ૦.૦૩ હો. પા. ૮૩. ૧૦૬૦૭૧.૪ ધન ડુટ;
 ૧૨૭૨૮૫૭.૧ પૌંડ. ૮૪. ૧૯૮ ધન ડુટ; ૭.૪૩ પૌંડ પાણી.
 ૮૫. ૪૫૭૩.૮ ગેલન. ૮૬. ૩૭.૫ પૌંડ દર ટન દીઠ. ૮૭. ૦.૧૪૫.
 ૮૮. ૨૬૯.૩ પૌંડ; ૩૩૦.૭ પૌંડ. ૮૯. ૧૯૮૦૦૦૦ ડુટ-પૌંડ;
 ૧ આનો ૮૪ પાઈ. ૯૦. ૫૫૦૦ ડુટ. ૯૧. ૨૧.૩ ઈંચ. ૯૨. ૫૮૫.૧૪
 હો. પા. ૯૩. ૭૪.૮ ડુટ-પૌંડ. ૯૪. ૦.૫૫. ૯૫. ૧૩૪.૬૯ પૌંડ.
 ૯૬. ૨ આના ૯ પાઈ. ૯૭. ૨૭૫૧૬૩૪.૨૮૫ ડુટ-પૌંડ. ૯૮. ૪૩.૬
 માઈલ દર કલાકે; ૬૪ ડુટ દર સેકન્ડે. ૯૯. જે છેડાથી વળનો
 અક્ષમાં આવ્યાં છે તે છેડાથી ૫.૬ ડુટ દુર ફલકમ મુકવું જોઈએ.
 ૧૦૦. ૪૧૨૫૦૦૦ ડુટ-પૌંડ; ૧૬.૬૬ હો. પા. ૧૦૧. ૨૨૮૦૯૬૦૦
 ડુટ-પૌંડ. ૧૦૨. ૩૨૦ હો. પા. ૧૦૩. ૩૨.૮ પૌંડ. ૧૦૪. ૧૫ પૌંડ;
 ૨૫ પૌંડ; ૩૦ પૌંડ; ૪૦ પૌંડ. ૧૦૫. ૩૩.૯ હોર્સપાવર. ૧૦૬. ૭૨૬૦૦૦
 ડુટ-પૌંડ; ૨૨ હો. પા. ૧૦૭. ૩૬.૬ ડુટ દર સેકન્ડે; ૭.૨ મીનીટ.
 ૧૦૮. ૧૦૪૦૭૯૩.૬ ડુટ-પૌંડ. ૧૦૯. ૧૦ આંટા. ૧૧૦. ૪૦૨.૦
 પૌંડ; ૧૯૮૦ પૌંડ. ૧૧૧. ૦.૫૭. ૧૧૨. ૨૭૨.૫૩ ડુટ-પૌંડ.
 ૧૧૩. ૧૦૬૦૭ ડુટ-પૌંડ. ૧૧૪. ૭૫૦૦૦ ડુટ-પૌંડ. ૧૧૫. ૨૨૦૮૯૩૭.૫
 ડુટ-પૌંડ. ૧૧૬. ૧૨ પૌંડ દર ચો. ઈ. દીઠ. ૧૧૭. ૦.૨૯૭ હોર્સપાવર.
 ૧૧૮. ૭.૦૬ પૌંડ. ૧૧૯. ૫૭૬ હો. પા. ૧૨૦. ૨૧૦ હો. પા.; ૩૯૨
 હો. પા. ૧૨૧. ૮૨.૦૩ આંટા. ૧૨૨. ૬૮.૨ ગેલન. ૧૨૩. ૧.૨૬
 હો. પા. ૧૨૪. ૨૩.૯૯ એક હોર્સપાવર. ૧૨૫. ૭.૭૫ પૌંડ; ૮.૨૫
 પૌંડ. ૧૨૬. ૪૧.૪૪ પૌંડ. ૧૨૭. ૨૮.૬૬ પૌંડ.

અનુક્રમણિકા

અ		ક	
અષ્ટકોણ, ...	૫	કવાડ્રન્ટ, ...	૬
આર્ક, ...	૬	ક્યુબ, ...	૩૨
આઈ કોસેઈડોન, ...	૩૪	કપલ, ...	૧૩૦
આર્મ, ...	૧૩૨	કાટકોણ ત્રિકોણ, ...	૩૮
ઇન્કલાઈન્ડ પ્લેન, ...	૨૦૦	કાર્ય, ...	૬૯
ઇલેક્ટ્રીક એનર્જી, ...	૨૨૮	કામ, ...	૭૨
ઇલેક્ટ્રોમોટીવ ફોર્સ, ...	૨૨૯	કામનો એકમ, ...	૭૩
ઇક્વીલીબ્રન્ટ, ...	૧૦૯	કામ, સરખી રીતે ફેરફાર થતા	
ઉપમાશક્તિ, ...	૨૨૮	અવરોધ સામે, ...	૮૦
ઉષ્ણતાનો એકમ, ...	૨૨૮	કામને આકૃતિ વડે દર્શાવવાની	
એકસીસ, ...	૩૩	રીત, ...	૮૪
એન્જનીયરનો એકમ, ...	૬૧	કામ, સરખી રીતે વધતા અથવા	
એંગલ ઓફ રીપોઝ, ...	૧૮૬	ઘટતા અવરોધ સામે, ...	૮૫
એંગલ ઓફ ફ્રીક્શન, ...	૧૮૬	કામ, ધર્ષણનો અવરોધ દુર	
એનર્જી, ...	૨૧૬	કરવામાં, ...	૧૯૧
એપ્રીશીઅન્સી, ...	૨૧૯	કામ, ઢાળ ઉપરનું, ...	૨૦૦
એપ્રીશીઅન્સી, મીકેનિકલ, ...	૨૧૯	કામ, ઢાળ ઉપરનું ધર્ષણ	
એપ્રીશીઅન્સી, થર્મલ, ...	૨૨૦	ધ્યાનમાં લેતાં, ...	૨૦૪
એનર્જી, પોટેન્શીઅલ, ...	૨૨૬	કામ, વજનને ઢાળ ઉપર	
એનર્જી, કાઈનેટીક, ...	૨૨૭	ચઢાવતાં, ...	૨૦૫
એનર્જી, હીટ, ...	૨૨૮	કામ, વજનને ઢાળ ઉપરથી	
એનર્જી, ઇલેક્ટ્રીકલ, ...	૨૨૮	નીચે ઉતારતાં, ...	૨૦૭
એમ્પીઅર, ...	૨૨૯	કામનો નિયમ, સઘળાં મશીનોને	
એક્ટેઈડોન, ...	૩૪	લાગુ પડતો, ...	૨૧૮
અંશ, ...	૭		

કાર્યસાધકતા,...	...	૨૧૯
કાર્બનેટીક એનર્જી,	...	૨૨૭
ક્રિયાગત યંત્રશાસ્ત્રની વ્યાખ્યા,	૫૯	
કોલોવોટ,	...	૨૨૮
કોલોવોટ-અવર,	...	૨૨૯
કોષ્ટન,	...	૧૭૪
કોર્ડ,	...	૬
કોન,	...	૩૩
કોઠો, વજનો અને માપનો,		૪૩
કોઠો, વિશિષ્ટ ગુરુત્વ અને વજનોનો,	...	૬૪
કોમ્પોનન્ટ્સ,...	૬૯, ૧૦૬	
કોએશીશન્ટ ઓફ ફ્રીક્શન,	૧૮૫	
કંશ,	...	૬
ખ		
ખંચવાનું જોર,	...	૧૯૨
ગ		
ગુરુત્વાકર્ષણનો એકમ,	...	૬૧
ગુરુત્વાકર્ષણ,	...	૬૨
ગુરુત્વ મધ્યબિંદુ,	...	૧૩૧
ગ્રેડીઅન્ટ,...	...	૨૦૦
ગોળો (સ્પીઅર),	...	૩૩
ઘ		
ઘન,	...	૩૨
ઘન ફળ, કાટકોણ ત્રિકોણ		
અથવા રેક્ટેન્ગ્યુલર સોલીડનું,	૩૮	

ઘનફળ, વર્તુલાકાર સ્થંભ અથવા સીલીન્ડરનું,	...	૩૯
ઘનફળ, શંકુનું,	...	૩૯
ઘનફળ, શંકુના ફ્લેમનું,	...	૩૯
ઘનફળ, ગોળાનું,	...	૪૦
ઘનફળ, ગોળાનાં સેગ્મેન્ટનું,	...	૪૦
ઘનફળ, વર્તુલ સ્થંભ અથવા સીલીન્ડરનાં સેગ્મેન્ટનું,	...	૪૧
ઘર્ષણ,	...	૧૮૧
ઘર્ષણના લાભ અને ગેરલાભ,	૧૮૧	
ઘર્ષણના નિયમો, નક્કર પદાર્થો માટે,	...	૧૮૩
ઘર્ષણનો ગુણુક,	...	૧૮૫
ઘર્ષણનો ગુણુક જુદા જુદા પદાર્થોમાટે તેની સખાટીઓની સ્થિતિ મુજબ,	...	૧૮૬
ઘર્ષણનો ખૂણો,	...	૧૮૬
ઘર્ષણના નિયમો, પ્રવાહી પદાર્થો માટે,	...	૧૮૮
ઘર્ષણના નિયમો, સાધારણ ગેરજો માટે,	...	૧૮૯
ઘર્ષણ, ગળડતાં વ્હીલ અથવા રોલરનું,	...	૧૯૦
ચ		
ચોખ્ખુ,	...	૩
ચોખ્ખુ, કાટકોણ,	...	૩
ચોરસ,	...	૩

ચોરસ, લંબ, ...	૩
ચોખ્ખુ, સમાંતર આબુ,	૪
જ	
જ્યા, ...	૬
જીવ ક્રેનનાં અવયવો ઉપરનાં	
જોરો, ...	૧૧૨
જીલનો સમ્પૂર્ણ અથવા જીલ્લ	
મીકેનીકલ ઇકિવીવેલન્ટ,	૧૮૩
જોર, ...	૬૦
જોરનો એકમ, ...	૬૧
જોરની અસર નક્કી કરવા	
માટેની વિગતો, ...	૬૬
જોરને લાગુ પાડવાની જગ્યા	
અથવા મિંદુ, ...	૬૬
જોરની દિશા, ...	૬૭
જોરની અત્યંતતા, ...	૬૭
જોરની જાત (સેન્સીસ),	૬૭
જોરને રેખાથી દર્શાવવાની	
રીત, ...	૬૭
જોરને અક્ષરો વડે નામ	
આપવાની રીત, ...	૧૧૦
જોરોનો સ્વભાવ પારખવાની	
રીત, ...	૧૧૨
જોરો, સમાંતર, ...	૧૨૭
જોરો, સમાન સમાંતર,	૧૨૮
જોરો, અસમાન સમાંતર,	૧૨૮

ટેન્જન્ટ, ...	૭
ટ્રેક્ટોરિયોન, ...	૩૩
ડ	
ડાયનેમીકસ, ...	૬૦
ડાયનામો, ...	૨૨૬
ડીઝી, ...	૭
ડોડેકેહીડ્રોન, ...	૩૪
ઢ	
ઢાળ, ...	૨૦૦
ઢાળ ઉપરનું કામ, ...	૨૦૦
ઢાળ ઉપરનું કામ ધર્પણ	
ધ્યાનમાં લેતાં, ...	૨૦૪
ઢાળ ઉપર વજનને ચઢાવતાં	
થતું કામ, ...	૨૦૫
ઢાળ ઉપરથી વજનને નીચે	
ઉતારતાં થતું કામ, ...	૨૦૭
ટ	
ટ્રાયએંગલ ઓફ ફોર્સીસ,	૧૦૯
ટ્રિકોણ, ...	૨
ટ્રિકોણ, કાટ કોણ, ...	૨
ટ્રિકોણ, સમબાજુ, ...	૩
ટ્રિકોણ સમદ્વિબાજુ, ...	૩
ટ્રિજ્યા, ...	૬
ટ્રેપેઝીયમ, ...	૪
ટ્રેપેઝોઇડ, ...	૪
ટ્રેન્શન, ...	૧૯૩

ત્રેકશન, જુદી જુદી	
જાનના રસ્તાઓ ઉપર,	૧૯૩
થ	
થર્મલ એપીશીઅન્સી,	૨૨૦
પ	
પરિધ, વર્તુલનો,	... ૫, ૯
પરિધ, અંડાકૃતિનો	... ૧૦
પૃષ્ઠ ફળ,	... ૩૪
પૃષ્ઠ ફળ, પેરેલેલોપાઈપિડનું,	૩૪
પૃષ્ઠ ફળ, વર્તુલ સ્થંભ અથવા	
નળાની વાંકવાળી સપાટીનું,	૩૪
પૃષ્ઠ ફળ, ગોળાનું,	... ૩૬
પુષ્ઠ ફળ, શંકુની વાંકવાળી	
સપાટીનું, ૩૭
પૃષ્ઠ ફળ, શંકુનાં ફ્લેક્સમની	
વાંકવાળી સપાટીનું, ૩૭
પ્રકૃતિ (મેટર),	... ૬૦
પ્રતિકાર્ય,	... ૬૯
પાવર,	... ૮૭
પાવરનો એકમ,	... ૮૭
પ્રિઝમ,	... ૩૨
પિરામિડ,	... ૩૨
પીચ, બોલ્ટ અથવા રીવેટનો,	૧૧
પીચ લાઈન,	... ૧૧
પીચ સર્કલ,	... ૧૧
પેરેલેલોગ્રામ ઓફ ફોર્સીસ,	૧૦૫

પોતેન્શીઅલ એનર્જી, ...	૨૨૬
પોલીગોન ઓફ ફોર્સીસ,	૧૧૮
પંચ કોણ, ૫
ફ	
ફ્લેક્સમ, ૩૪
ફ્લેક્સમ, ૧૩૨
ફ્લેક્સમનું સ્થાન, ...	૧૪૭
બ	
બહુકોણાકૃતિ,	... ૪
બાઉન્ડ નોટેશન,	... ૧૧૦
બિંદુ,	... ૧
બ્રિટિશ થર્મલ યુનીટ,	... ૨૨૮
બીમના ટેકા ઉપરનાં દબાણ,	૧૨૪
બીમનું વજન ધ્યાનમાં લેવા	
વિષે,	... ૧૪૩
એન્ટ લીવર,	... ૧૫૯
એરીગોને ચીકાશવાળી બનાવવા	
વિષે,	... ૧૯૦
મ	
મધ્યરેષા,	... ૩૩
મીકેનીકલ એપીશીઅન્સી,	૨૧૯
મોડ્યુલસ,	... ૨૧૯
મેમેન્ટ,	... ૧૨૩
મેમેન્ટનો નિયમ,	... ૧૨૪
મેમેન્ટ, નેગેટીવ,	... ૧૨૪
મેમેન્ટ, પોઝીટીવ,	... ૧૨૪

	ય	
ચંત્રો,	...	૧૬૯
	૨	
રીઝલ્ટન્ટ,	...	૬૯, ૧૦૬
રીઝલ્ટન્ટ, જોરોની કોઈપણ		
સંખ્યાનો,	...	૧૧૭
રીઝલ્ટન્ટ, સમાંતર જોરોનો,		૧૨૮
રેખા,	...	૧
રેખા, સીધી,	...	૧
રેખામાપ, કાટકોણ ત્રિકોણની		
બાંધુઓનાં,	...	૭
	લ	
લખ્ધખળ,	...	૬૯, ૧૦૬
લીવર,	...	૧૩૨
લીવરમાં સમતોલપણની		
સ્થિતિઓ,	...	૧૩૨
લીવરના ઓરડર એટલે ક્રમ,		૧૩૩
લીવર, પહેલા ઓરડર અથવા		
ક્રમનું,	...	૧૩૪
લીવર, બીજા ઓરડર અથવા		
ક્રમનું,	...	૧૩૪
લીવર, ત્રીજા ઓરડર અથવા		
ક્રમનું,	...	૧૩૬
લીવરનું વળન ધ્યાનમાં લેવા		
વિષે,	...	૧૪૩
લીવર સેફ્ટી વાલ્વ,	...	૧૫૨

લીવરો, જે ઉપર જોરો ઢળતી		
દિશામાં કાર્ય કરે તે,	...	૧૫૯
લીવર, બેન્ટ,	...	૧૫૯
લુપ્તીકેશન,	...	૧૯૦
લંબ અથવા લંબ રેખા,	...	૨
લંબ ચોરસ,	...	૩
	વ	
વર્તુલ,	...	૫
વ્યાસ,	...	૬
વર્તુલ, અર્ધ,	...	૬
વર્તુલ સ્થંભ અથવા સીલીન્ડર,		૩૩
વળન, કોઈપણ પદાર્થના એક		
ધનક્રુટનું,	...	૪૩, ૬૫
વળન, કોઈપણ પદાર્થનાં એક		
ધન ઈચિનું	...	૪૩, ૬૫
વળન, લોખંડની પ્લેટનું,		૪૯
બહીલ અને એક્સલ,		૧૬૯
બહીલ અને એક્સલને લાગુ		
પાડવામાં આવતો મોમેન્ટનો		
નિયમ,	...	૧૭૧
બહીલ અને એક્સલને લાગુ પાડ-		
વામાં આવતો ક્રમનો નિયમ,		૧૭૧
વાળેલાં લીવર,	...	૧૫૯
વિશિષ્ટ સાંદ્રતા,	...	૬૧
વિશિષ્ટ ગુરૂત્વ,	...	૬૩
વિશિષ્ટ ગુરૂત્વ શોધવાની રીત,		૬૩
વિશ્રામ ખૂણો,	...	૧૮૬

