

म. ग्रं. सं. ठाणे

सन

विषय

लेखक गोविंदगंगाधर

श्री १५५

पु. ३००

संग्रहालय क्रमांक

पुस्तकाचे नांव संग्रहालयाची

५५

२

सं. क्र.

संग्रहालयाची मुळे.

(शास्त्र)



NATURAL PHILOSOPHY

FOR BEGINNERS.

BEING FAMILIAR ILLUSTRATIONS

OF THE

LAWS OF MOTION AND MECHANICS,

Translated into Marathi,

BY

GOVIND GANGÁDHAR PHADKÉ.

SECOND EDITION.

BOMBAY:

PRINTED BY THOMAS GRAHAM.

1856.

# यंत्रशास्त्राची मूळे.

या ग्रंथांत

चलन आणि यंत्रशास्त्र यांचे नियमांचे सविस्तर  
वर्णन केले आहे.

याचे मराठी भाषांतर

गोविंद गंगाधर फडके यांनी केले.

दुसरी आवृत्ति.

मुंबईमध्ये

रामस ग्रेहाम याने छापिला.

सन १८५६.

~~2012 2000 2000 2000 2000 2000 2000~~

~~2000 2000 2000~~

2000  
2000



## अनुक्रमणिका.

### अध्याय १.

उपोद्घात—चलन आणि त्याचे नियम—जडता—माहित-  
गारीचे दृष्टांत—प्रेरणा—चलनास प्रतिबंध—चलनाचे निर-  
निराळे प्रकार—वेगाघात..... १

### अध्याय २.

प्रथम चलननियम—मोकळे चलन सरळ आणि सम अस-  
—मध्याकर्ष प्रेरणा—मध्योत्सारिणी प्रेरणा—वर्तुळ गमनावि-  
षयीं दृष्टांतग्रह—दृष्टांत—पदार्थ आपले चलनाची दिशा बद-  
लण्यास समर्थ नाहीं. .... ९

### अध्याय ३.

द्वितीय चलननियम—प्रेरणोपपादक समांतरवाजूंचीकोनाचा कृती  
सहित दृष्टांत—मिश्र चलनाचीं उदाहरणें—कारणभूत आणि -  
परिणामरूप प्रेरणा—मिश्र चलनप्रतिपादक यंत्र, प्रेरणैकीकरण आ-  
णि प्रेरणापृथक्करण यांचीं उदाहरणें—गलबतावर वारा आणि  
भरती यांचा व्यापार—माश्यांचें पाण्यांत फिरणें—पक्ष्यांचें उ-  
डणें—घोडेस्वारांचा करामती—प्रेरणैकीकरण आणि प्रेरणापृ-  
थक्करण यांचा ज्ञानाची आवश्यकता—तृतीय चलननियम—आ-  
घात आणि प्रत्याघात यांचीं उदाहरणें—अनियताकारं पदार्थांचा  
आघात—नियताकारं पदार्थांचा आघात. .... १३

## अध्याय ४.

गुरुत्व—वजन—पतन पावणारे पदार्थ—रूपया आणि पीस  
यांचा दृष्टांत—वर्धमान चलन—समवर्धमान चलन—आतूवूड  
साहेवाचें यंत्र—गुरुत्वाचा व्यापार सर्व पदार्थांवर सर्वकाळ घ-  
डतो—उदाहरणें—त्रिहिरोची अंडो काढण्यास पतन पावणाऱ्या  
पदार्थांचा नियमांची योजना. वर्धमान वेगाचीं उदाहरणें—यु-  
द्धोपयोगी मेषमुख यंत्र—सोटे पुरण्याचें यंत्र—पदार्थ चढत अ-  
सतां गुरुत्वाने त्यांचे वेग सारखे क्षीण होत जातात—आदो-  
लक—काळाचा सारिखेपणा. .... ३९

## अध्याय ५.

वक्ररेषाचलन—पिंपाचा भोंकांतून पाणी बाहेर निघतें—फेंक-  
णारी प्रेरणा—तोफेंतून निघालेला गोळा—परावला. . . ५६

## अध्याय ६.

गुरुत्वमध्य—दिग्गेषा—उदाहरणें—गुरुत्वमध्य, पदार्थांचा  
भाकाराचा अथवा महत्वाचा मध्य असतो—गुरुत्वमध्य काढण्या-  
ची रीति—वांकडे वुरूज—दिग्गेषाचीं उदाहरणें—गुरुत्वमध्य वर  
चढविण्याचीं उदाहरणें—उतरत्या रस्त्यावरील गाडा—गुरुत्व-  
मध्य नीच करण्याचीं उदाहरणें—पात्र—झोके खाणाऱ्या आकृ-  
ती—माहितगारीचे दृष्टांत—चतुष्पदांचें गमन—दोरावर नाच-  
णारे—गुरुत्वमध्य नेहेमी पदार्थांमध्ये नसतो—उतरणीवरील  
चलन—वांटोळा दांडा आणि दुहेरी शंकू यांचा यांत्रिक देखत  
भुजो—भोंवरा—अंडाकृति पदार्थ—पदार्थांची बैठक—शंकु—  
चौरस, समांतरवाजुचौकोन, आणि वर्तुळ यांचा गुरुत्वमध्य का-  
ढण्याची रीति—गुरुत्वमध्य तोच पदार्थांचा जडतेचा मध्य—  
दृष्टांत—तीन अथवा अधिक पदार्थांचा गुरुत्वमध्य—त्रिकोण. ६०

## अनुक्रमगिका.

७

### अध्याय ७.

मूळयंत्रें—पहिल्या प्रकारचा उच्चालक—वितुंभल् विलोसि-  
तीचा नियम—यंत्राची यांत्रिक शक्ति—फळ्यावरील दोन मु-  
लगे—तरफ—तराजू—स्तोल्यार्ड—चिनई लोकांची स्तोल्यार्ड  
—डेनिश लोकांची तराजू—उच्चालकाविषयीचे प्रयोग पाहण्याचे  
साधन—सोपे प्रयोग—दुसऱ्या प्रकारचा उच्चालक ओझें काठीस  
टांगून नेतात—नालकी—अडाकेत्या—दरवाजा विजागऱ्यावर  
फिरतो—तिसऱ्या प्रकारचा उच्चालक—कातण्याचे सांगाडाचा  
पाय देण्याचा तक्ता—जनावरांचे अवयव—लेंकर कापायाचा  
कात्री—दुसऱ्या आणि तिसऱ्या प्रकारचा उच्चालकातील भेद—  
मिश्र उच्चालक—माहितगारीचे दृष्टांत—वांकडा उच्चालक—  
उदाहरणें—शक्ति आणि वजन यांचा तिकस व्यापारांचीं उदा-  
हरणें—काटकोन उच्चालक—वांकडा उच्चालकरूप तराजू—दोन  
टंकूवर ठेविलेले बाहाल. . . . . ७८

### अध्याय ८.

आंसास खिळलेले चाक—मिश्र आंसास खिळलेले चाक—  
या यंत्राचे छिन्न—उदाहरणें—दात्यांचे चाक—वितुंभल् विलो-  
सितो—आंसास खिळलेले चाकाचा योजना—पाणी काढायाचा  
राहाट—क्यापस्तन्—मिश्र चक्ररूप यंत्र—उदाहरण—वादी अ-  
थवा दोरी—घडियाळ—प्यूसीचा व्यापार—उदकप्रेरित चक्रे—  
ऊर्ध्वहतचक्र—अधोहतचक्र—पार्श्वहतचक्र—पवनचक्या—घोड्या-  
ची शक्ति—क्रेन—त्रेदमिल्—आंसास खिळलेल्या चाकाचे उप-  
योग. . . . . १२१

### अध्याय ९.

दोरी अथवा कप्पी—चरकप्पी—माहितगारीचे दृष्टांत—च-  
रकप्प्या—तिकस व्यापार—एक दोराचा कप्प्याचीं उदाहरणें—

गलबतावरील कप्प्या—स्मतिन् साहेबाची कप्पी—व्हैत् साहेबाची  
कप्पी—स्यानिश वारतन—अनेक दौरांचा कप्प्यांचीं उदाह-  
रणें—वितुंभल् विलोसितो—घर्षणलाटा. . . . . १४४

### अध्याय १०.

उतरण—उदाहरणें—प्रेरणैकीकरण आणि प्रेरणापृथक्करण  
यांची योजना—शक्तीचा तिकस व्यापाराचें उदाहरण—दोन  
उतरणो—वितुंभल् विलोसितो—रस्त्यांचा उतार—उदाहरणें—  
प्राचीन लोक उतरणींचा उपयोग करीत असत—जिने—ग-  
लयतें—समुद्रांत गलवतें लोटण्याचा उतरणो. . . . . १६२

### अध्याय ११.

पाचर—यांत्रिक सामर्थ्य—टोला—माहितगारीचे दृष्टांत—  
पोर्तस्मैथ येथील गोदींतोळ प्रयोगांचा सारांश. . . . . १७३

### अध्याय १२.

मळसूत्र—उतरणीचा रूपभेद—चाकी—स्थिर चाकीचा  
मळसूत्राचें उदाहरण—चाकी फिरत्ये त्याचें उदाहरण—उच्चा-  
लक किंवा दांडा जोडलेलें मळसूत्र—बुकें बांधणाराची स्थिर  
चापणी—हंतर साहेबाचें मळसूत्र—अनंत मळसूत्र—मळसू-  
त्राचे उपयोग—सूक्ष्ममापक मळसूत्र. . . . . १७७

### अध्याय १३.

घर्षण—घर्षण कमी करण्याचे उपाय—घर्षणचक्रे—प्रयोग  
उतरणीचा योगाने घर्षणाचे नियम स्थापणें—सर्व मूळ्यंत्रांत  
घर्षण होतें. . . . . १८९

शब्दपरिभाषा. . . . . १९७



# यंत्रशास्त्र.

## अध्याय १.

यंत्रशास्त्र हे दुसऱ्या सृष्टपदार्थशास्त्रांचा पाया अथवा आधार आहे असे मानितात; आणि या शास्त्रास चलनाचे नियम हा मूलभूत आधार आहे, ह्यगून त्या नियमांचे ज्ञान झाल्यावांचून, प्रवाही आणि अप्रवाही पदार्थांस चलन दिल्याने जीं फळे होतात तीं समजणें, व जे परिणाम होतात त्यांची गणना करणें अशक्य आहे.

चलन आणि त्याचे नियम यांविषयीं.

पदार्थांचा एके स्थानापासून दुसऱ्या स्थानाकडे जाण्याचा अथवा स्थिरताविरुद्ध जो व्यापार त्यास चलन ह्यणतात.

पदार्थ स्थिर अवस्थेतून स्वतः चलन पावण्यास समर्थ नाही; आणि चलनावस्थेतून स्थिर होण्यासही समर्थ नाही. हा परिणाम पदार्थांचा जा धर्मांमुळे घडतो त्या धर्मास जडता असे ह्यणतात. पृथ्वीवरील इतर पदार्थांचा संबधानें पाहिलें असतां भूगोलावरील कोणताही खडक आपलें स्थान सोडीत नाही; हे अनुभवावरून माहित आहे. तो स्वतः चलन पावण्यास समर्थ नाही, ह्यगून जर त्यास औपाधिक प्रेरणेनें चलन प्राप्त न झालें, तर तो चिरकाल स्थिर राहिल. आणि पदार्थांस एक-

दां चलन प्राप्त झालें असतां त्याचे आंगीं स्थिर होण्याचें सामर्थ्य नाहीं हेंही वरचा सारिखें खरें आहे. पदार्थ निर्जिव आहे ह्मणून तो चलन आणि स्थिरता पावण्यास पात्र आहे; याजकरितां त्या दोनही स्थिति केवळ बाहेरील कारणाचे आधारावर असाव्या. पदार्थ जा स्थितींत असतात त्याच स्थितींत राहातात, आणि त्यांची ती स्थिति बदलण्यास कांहीं प्रेरणा लागत्ये, हें पुढील दृष्टांतांवरून समजेल.

जेव्हां घोडा एकादी मोठी जड गाडी प्रथम ओढूं लागतो तेव्हां त्यास तिचे जडतेचा मोड करावा लागतो; परंतु हें कृत्य एकवेळ झाल्यावर जी गाडी त्यानें प्रथम मोठ्या प्रयासानें हालविली, ती तो पुढें सहज ओढीत नेतो. जी गाडी अतिवेगानें चालत्ये ती निघत्येसमयीं तींत बसणारांचा आंगीं गाडीचा वेग येण्यास त्यांचा आंगाची जडता प्रतिबंधक होत्ये, ह्मणून बसणारांचा झोक मार्गें जातो; आणि जेव्हां ती गाडी थांबत्ये तेव्हां त्यांचा झोक पुढें जातो. होडीचा सुकाणावर उभा राहाणारा मनुष्य होडी चालू होते समयीं सावध नसला तर तो पाण्यांत पडेल; आणि होडी चालत असतां उभी राहिल्यानें, तो आंत पडेल. गाडीचे बरोबर मोठे वेगानें धांवणाराचे आंगीं जो वेग येतो तितका वेग आंत बसणाराचे शरीरांत आलेला असतो, ह्मणून त्या गाडींतून बसणारानें उडी टाकिली तर त्यास जमीनीवर पाय लागल्यावर पुढें पडण्याचें मोठें भय असतें. खंदकावरून उडी मारणारा, आपल्ये आंगांत वेग यावा आणि त्या योगानें खंदक उ-



जडता-माहितगारोंचे दृष्टांत.

डून सहज जातां यावें ह्मणून तो कांहीं अंतरावरून धांवायास आरंभ करितो. दोन घोडे स्थिर असतां जसा घोडेस्वार एका घोड्यावरून दुसऱ्या घोड्यावर सहज वसतो, त्याच प्रमाणें तो धांवले घोड्यावर उभा राहून दुसरे जवळचे धांवणारे घोड्यावर सहज वसतो; कां कीं त्याचे खालचे घोड्याचा वेग त्याचे आंगीं आला असतो, आणि दुसऱ्या घोड्यावर वसेपर्यंत त्याचे आंगीं तो वेग तसाच असतो. जर दुसरा घोडा उभा असला तर तो मनुष्य घोड्याचे मानेवरून उडून जाईल; आणि स्थिर घोड्यावरून पळले घोड्यावर चढूं लागला तर तो मार्गें पडेल. त्याच प्रमाणें एकादें गलबत फार चालत असलें, आणि जर त्याचे डोलकाठीचे टोंकावरून दगड सोडिला तर तो काठीवरोवर चालून तिचे बुडाशीं येऊन पडतो, मार्गें पडत नाहीं; कारण टाकणाराचे हातांत असतांना जो वेग त्या दगडांत आला असतो, त्याचा योगानें तो पडत पडत काठीचे बुधाशीं येतो.

खालीं लिहिलेल्या कृतीवरून जडतेचा धर्म उघड दाखवितां येतो. बोटाचे अग्रावर एक गंजीफ समतोल ठेवून तिजवर एक रुपया ठेव; नंतर गंजिफेस जोरानें टिचकी मार, ह्मणजे ती रुपयाखालून निघून जाईल; परंतु रुपया आपले जडतेमुळें बोटावर राहिल. रुपयाची जडता गंजिफेचे घर्षणाहून अधिक आहे ह्मणून असें घडेल.

स्थिर पदार्थास जर प्रेरणा न केली तर तो कधींही चलन पावणार नाहीं, हें या वरचे उदाहरणावरून सहज कळेल; पदार्थ स्वतः चलन पावत नाहीं, ह्मणून स्थिरता

ही पदार्थाची मूळची स्थिति आहे असा निर्णय करवत नाहीं; कारण, कित्येक उदाहरणांवरून असेही समजेल कीं जशी स्थिरता ही पदार्थाची स्वाभाविक स्थिति तशीच चलनावस्थाही पदार्थाचे आंगीं मुळापासूनच आहे, आणि बाहेरील प्रतिबंध व प्रेरणा हीं दोहों स्थितींस दोन कारणें आहेत, हेंही समजेल. घर्षण आणि हवेचा प्रतिबंध यांपासून चलन टिकण्याचे काळांत फार भेद घडतात हेंही समजेल.

जर एकादा गुळगुळित गोळा भूमीवर लोटला तर, तो जमिनीचे खरखरीतपणामुळे लवकरच थांबेल; आणि जर तोच तृणाचे सपाट जमिनीवर लोटला, तर त्याचे चलनास पूर्वीपेक्षा थोडा प्रतिबंध, यामुळे तो कांहीं अधिक वेळपर्यंत चालेल; याच रीतीनें बर्फाचे\* सपाटीवर तो लोटला, तर त्यास घर्षणाचा प्रतिबंध फारच थोडा आणि त्यांत वायु पाठीवरचा असला, तर तो फारच लांब अंतरावर जाईल. पोलादी आरेचा मोठा भोंवरा, वाताकर्षक यंत्रां हवा काढलेले पात्रांत फिरविला, तर त्यांत हवेचा प्रतिबंध नाहीं ह्मणून तो फार वेळ फिरेल. घड्याळाचा लोळा निवार्त जाग्यांत चालू केला तर तो फार वेळपर्यंत झोंके खार्डेल. कारण त्यांस टांगलेले स्थानाशीं जें घर्षण होतें त्याचा मात्र प्रतिबंध होतो, दुसरा कशाचाही प्रतिबंध नाहीं. सारखे जाडीचें एक चाक्र घे आणि त्याचे मध्यभागीं बारीक आंस बशीव, तो अशा रीतीनें कीं त्याचे सर्व भाग

\* बर्फाची सपाटीकांचे प्रमाणें गुळ गुळीत असत्ये.



मध्याशीं समतोल होतील. अशा आंसावर तें चाक्र फिरविलें असतां त्याची गति गुरुत्वाकर्षणामुळे वाढणार नाही, अथवा कमीही होणार नाही. अशा चाक्राचा गतीस प्रतिबंधक कारणें, एक त्याचे आंसाचें घर्षण, आणि दुसरें हवेचा प्रतिबंध, हीं दोन मात्र आहेत. जर कदाचित् तो आंस घर्षणचक्रांवर ठेवून घर्षण नाहीसें केले, तर तें चाक्र जितका कालपर्यंत पहिले नुसते आंसावर फिरेल, त्याहून अधिक वेळपर्यंत अशा कृतीनें फिरेल. आणि जर हें सर्व वाताकर्षक यंत्राचे निर्वात पात्रांत ठेविलें, तर त्यास हवेचाही प्रतिबंध नाहीसा होईल; आणि तें चाक्र समानगतीनें फार वेळपर्यंत फिरेल.

या उदाहरणावरून असें नजरेस येतें कीं, एकाद्या पदार्थास प्रेरणेचे योगानें चलन देऊन त्या चलनास घर्षण, हवा, यांपासून अथवा दुसरे कित्येक कारणांपासून होणारे जे प्रतिबंध ते जसजसे नाहीसे करावे, तसतशी त्या चलनाची स्थिति आणि तिचा सारखेपणा हीं वाढत जातात. जे दाखले आपले नजरेस येतात त्यांजविषयीं अशीच गोष्ट असत्ये, ह्मणून असा सिद्धांत करितां येतो, कीं जर एकाद्या पदार्थ, घर्षण, इत्यादि कारणांचे प्रतिबंधक व्यापारापासून मुक्त अशा अवस्थेंत ठेवितां आला, तर त्याचें चलन अक्षय आणि सारखें होईल. जा कारणानें स्थिर पदार्थाचे आंगीं चलन उत्पन्न होतें, अथवा चलन पावलेल्या पदार्थाचें चलन बदलतें त्या कारणांस प्रेरणा ह्मणतात. जा रेषांत प्रेरणा पदार्थावर लागतात, त्या रेषांनीं अथवा अंकांनीं त्या प्रेरणा दाखविण्यास सुलभ

पडतें; प्रेरणेंचें परिमाण रेषेचे लांबीने दाखवितां येतें. जा कारणावरून चलन पावलेल्या पदार्थाचें चलन कमी होतें, अथवा नाहीस होतें, अथवा उलटें होतें, त्यास प्रतिबंध ह्मणतात.

जा रितीने पदार्थावर प्रेरणा घडत्ये त्याप्रमाणें त्याचें चलन बदलतें. जेव्हां एकावर एक राहाणारे पदार्थ एक-कालीं चलन पावतात, तेव्हां त्या चलनास साधारण चलन ह्मणतात; जसें हंकारलेल्या गलवतावरील मनुष्यांस गलवताचें चलन असतें.—

स्थिर पदार्थाचा संबंधानें जें दुसऱ्या पदार्थाचें चलन त्यास स्वतंत्र चलन ह्मणतात; जसें मनुष्य एके जाग्या-पासून दुसरे जागीं जातो; तारूं पाण्यांतून जातें; हीं स्वतंत्र चलनाचीं उदाहरणें आहेत.

चलनयुक्त पदार्थाचा संबंधानें दुसऱ्या पदार्थाचा चलनास संबंधी चलन ह्मणतात. जसें गाडींत वसून जाणारा मनुष्य गाडीचे संबंधानें पाहिलें असतां स्थिर आहे; परंतु गाडी त्यास एका स्थानापासून दुसऱ्या स्थानीं नेत्ये ह्मणून त्याचें चलन स्वतंत्र होय; जरी गाडी चालती किंवा स्थिर असली तरी, तींतील दुसऱ्या मनुष्याचा संबंधानें त्याचे आंगीं संबंधी स्थिरता आहे. जेव्हां स्थलांतर झालें असा अर्थ विवक्षित आहे, तेव्हां जा चलनानें ती गोष्ट घडली त्यास स्वतंत्र चलन ह्मणावें. आणि जेव्हां आस-पासचे पदार्थाचा स्थानाचे फेरफारानें एकादे पदार्थाचा स्थानाचा पालट दिसण्यांत येतो, तेव्हां तो जा चलनानें होतो त्यास संबंधी चलन ह्मणतात.

संबंधी चलन-वेग-वेगाघात.

पदार्थाचे चलनाचे त्वरेचे परिमाणास वेग ह्मणतात. आणि जेव्हां पदार्थांचें चलन सम आहे, तेव्हां त्याचा वेगाचें परिमाण या रीतीनें काढावें; त्या पदार्थास कांहीं अंतरावर जाण्यास जो काळ लागेल त्याणें त्या अंतरास भागावें, भागाकार येईल तें वेगाचें परिमाण झालें. उदाहरण; जर एक पदार्थ तीन सेकंदांत तीस फुटी चालतो, तर त्याचा वेग दर सेकंदांत दहा फुटी आहे.

समकाळांत समान अंतरांवरून जर पदार्थांचें चलन घडतें तर त्यास समचलन ह्मणावें; जर तें चलन अधिकाधिक वाढत जात आहे, तर त्यास वर्धमान चलन ह्मणावें; आणि जर कमी होत गेलें तर, त्यास क्षीयमाण चलन ह्मणावें.

जा शक्तीनें एकादा चलनविशिष्ट पदार्थ दुसऱ्या पदार्थावर आपटतो तीस वेगाघात किंवा चलनसंचय ह्मणतात. आणि तो वेगाघात, पदार्थांचें प्रकृतिपरिमाण अथवा वजन, वेगानें गुणिलें इतक्यावरोवर असतो; ह्मणून दोन तोळे वजनाचे स्थिर गोळ्यास कांहीं वेग देण्यास जी प्रेरणा पाहिजे, तिजपेक्षां पांचपट प्रेरणा दहा तोळे वजनाचे गोळ्यास तितकाच वेग आणायस पाहिजे. जरी त्या दोन गोळ्यांचे वेग सारखे आहेत, तरी लहान गोळ्यापेक्षां मोठा गोळा पांचपट अधिक शक्तीनें चालेल; परंतु जर लहान गोळ्याचा वेग पांचपट वाढविला, तर त्या दोघांचे वेगाघात अथवा चलनसंचय वरोवर होतील; ह्मणजे एकानें दहा गुणिले इतका वेगाघात लाहानाचा आहे, आणि दुसऱ्याचा, दोन गुणिले पांचांनीं इतक्यावरो-

वर आहे. ह्मणून कांहीं वेगानें जाणारे पदार्थांचें वजन वाढविल्यानें, अथवा वजन न वाढवितां त्याचा वेग वाढविल्यानें त्या पदार्थाचा वेगाघात अथवा चलनसंचय वाढवितां येईल, असा निश्चय होतो; यास उदाहरण, जर एक मनुष्य पन्नास शेरांचें वजन कांहीं वेगानें आपले पासून दहा हातांवर उडवितो, तर शंभर शेर वजन तितकेंच लांब उडवायास; अथवा मूळचें पन्नास शेर वजन कायम राखून दुप्पट लांब उडवायास पहिलेपेक्षां दुप्पट वेग दिला पाहिजे. परंतु जर तो पहिल्यापेक्षां अधिक प्रेरणा न देईल, तर शंभर शेरांचें वजन पांच हात मात्र लांब जाईल, त्या पक्षां या दोन वजनांचा वेगाघात बरोबर होईल, कारण  $५० \times १० = १०० \times ५$ . यावरून जर कोणत्याही परिमाणाचा दोन पदार्थांचे वेग त्यांचे प्रकृतिपरिमाणांशीं उलटे प्रमाणांत आहेत;—ह्मणजे, लहान पदार्थ मोठ्या पदार्थाहून जितका लहान आहे तितकाच जर त्याचा वेग मोठ्या पदार्थाचा वेगाहून अधिक असेल, तर मोठ्या पदार्थाचे आंगीं जो वेगाघात येईल तितकाच लहानाचा आंगींही येईल. बंदुकीचे दारूची कल्पना निघाल्यापासून त्या दारूचा योगानें लहान पदार्थाचा आंगींही मोठा वेग देतां येऊं लागला, यामुळे तेव्हांपासून लोक, युद्धोपयोगी मेषमुखयंत्र उपयोगांत घेत नाहीसे झाले, कारण पांच हजार शेर वजनाचें हें यंत्र जें काम करितें, तेंच काम छत्तीस शेर वजनाचा गोळा त्याहून जितक्या वजनांत कमी आहे तितका वेग त्यास दिल्यास तो करितो.



## अध्याय 2.

सर्व चलनाचे तीन प्रकार करितां येतात; त्यांस चलननियम असें ह्मणोत.

प्रथम चलननियम.— पदार्थ जा स्थितींत असतो त्या स्थितीचा पालट प्रेरणारूप कारणानें न झाला, तर तो त्याच स्थितींत राहातो; ह्मणजे स्थिर पदार्थ स्थिरावस्थेंत राहातो, आणि चलन युक्त पदार्थ सरळ रेषेंत समचलनानें चालतो.

पदार्थाचा आंगचा जडतेचें जें मार्गें वर्णन केलें, ती जडता या नियमास आधार आहे, असें शिकणाराचा ध्यानांत सहज येईल. आतां प्रेरणेवांचून पदार्थास चलन प्राप्त होणार नाहीं इतकाच परिणाम केवळ जडतेचा नाहीं, तर पदार्थ एकवार चलन पावला असतां, त्यास कोणताही प्रतिबंध न झाल्यास तो चलनावस्थेंतच राहातो, हाही परिणाम जडतेचा आहे; ह्मणूनच पदार्थास एकवेळ चलन दिलें आणि जर हवा, गुरुत्वाकर्षण, आणि घर्षण इत्यादि प्रतिबंधक कारणांनीं त्याचे चलनाचा नाश न झाला तर, तो पदार्थ सरळ रेषेंत चालेल; जितकीं प्रतिबंधक कारणें कमी करावीं तितकें चलन अधिक वेळ टिकतें, याजकरितां वरचीं प्रतिबंधक कारणें अगदीं नाहींशीं केलीं, तर चलन कधींही बंद होणार नाहीं असा निश्चय होतो.

चलन पावलेला पदार्थ कारणावांचून आपला वेग

बदलीत नाहीं, अथवा आपला मार्ग बदलीत नाहीं ; ह्मणून मोकळें चलन सरळ आणि सम असें असतें. सरळ चलनाचा अर्थ बंदुकीची गोळी अथवा तीर सरळ वर किंवा खाली मारिल्यानें उघड ध्यानांत येतो.

तीर आणि बंदुकीची गोळी, हीं सरळ रेषेंत जातात, तसा गोकणगुंडा गोकणींतून सुटल्यावर सरळ रेषेंत जातो. वर्तुळांत फिरणारा जो पदार्थ, त्यास त्याचे आंगचे जडतेचा विरुद्ध वर्तविं लागतें, ह्मणून त्याजवर दोन तरी प्रेरणा असाव्यां. त्या पदार्थास वर्तुळांत किंवा वक्र रेषेंत राखणारी जी प्रेरणा तीस मध्याकर्षणप्रेरणा ह्मणतात ; आणि पदार्थाची जडता, पदार्थास पुढें अथवा सरळ रेषेंत जाण्याची शक्ती देत्ये, तीस मध्योत्सारी प्रेरणा ह्मणतात.

मध्योत्सारी प्रेरणा पदार्थास मध्यापासून दूर नेत्ये, आणि मध्याकर्षण प्रेरणेसहित जेव्हां वरची प्रेरणा पदार्थावर लागू होत्ये, तेव्हां पदार्थास वर्तुळ चलन प्राप्त होतें. चलनयुक्त पदार्थावर दुसरी प्रेरणा न झाल्यास तो सारखे गतीनें सरळ रेषेंत जातो, असा जो पहिला चलननियम त्यास अनुसरूनच वरची गोष्ट आहे.

वर्तुळ गमनाविषयीं दृष्टांतग्रह आहेत ; त्यांतील एक चंद्र घेतला, तर त्याचे आंगीं सरळ रेषेंत चालण्याचा वेग आहे, आणि याजवर पृथ्वीचे आकर्षण आपणाकडे ओढण्याविषयीं निरंतर आहे, अशा दोन प्रेरणांनीं चंद्र वर्तुळांत फिरतो.

तोफेंतून निघालेला गोळा पृथ्वीचे आकर्षणामुळें वां-

कड्या रेषेने पृथ्वीवर पडतो. जर पृथ्वीचे आकर्षण आणि हवेचा प्रतिबंध ही दोन कारणे नसती तर तो सर्वकाळ सरळ रेषेत जाता.

पाण्याने भरलेले पात्र गोफणीत ठेवून ती गोफण हळू हळू फिरविली असता, त्या पात्रातील पाणी न सांडता गोफण त्वरेनेही फिरविता येईल. जेव्हा पात्राचे मुख जमीनीकडे येते तेव्हाही आतील पाणी खाली पडत नाही; कारण की पाणी आपले आंगचे जडतेने अथवा मध्योत्सारी प्रेरणेने मध्यापासून दूर जाऊ लागते आणि गुरुत्वामुळे पृथ्वीवर पडावे ते न पडता पात्राचे बुडाकडे जाते. अर्धे घडलेले मडकें चाकावर ठेवून फिरविले असता त्याचा वाजूचा मध्योत्सारी प्रेरणेने ते रुंदावते, यामुळे त्या मडक्यास कुंभार पाहिजे तो आकार देऊ शकतो.

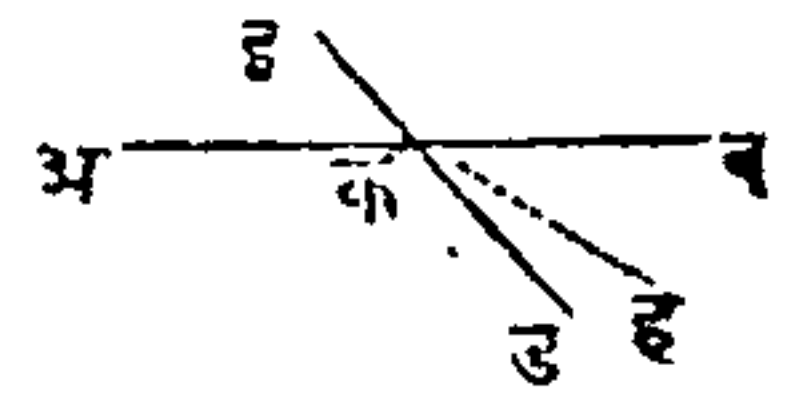
लहान वर्तुळांत घोडा मंडळावर धरणे आदिकरून कसब घोडेस्वार दाखवितो, तेव्हा मध्योत्सारी प्रेरणेने त्या स्वाराचे गमन सरळ रेषेत व्हावे, परंतु ते चुकविण्याकरिता तो घोड्याचा व आपला झोंक आंत घेतो. कोंपऱ्यावरून फिरले समयी गाड्या फार उलटतात, कारण गाडीचे आंगचे जडतेमुळे तिचा आंगी सरळ जाण्याचा वेग असतो, परंतु घोडा तिची चाकें फिरवितो तेणेकरून ती गाडी उलटले.

वर्षावरून चालल्याने चलनाचे नियम चमत्कारिक तऱ्हेने अनुभवास येतात; मोठ्या वेगाने जाणारे मनुष्यास कोंपऱ्यावरून फिरतांना फारच आंत लवावे लागते, या-

मुळें मोठ्या कुशळतेनें वर्फावर चालणाऱ्या मनुष्याला आपल्या आंगास अनेक तऱ्हेचे वांक द्यावे लागतात.

पदार्थ जडतेमुळें आपले चलनाची दिशा बदलण्यास समर्थ नाही. यावरून जर पदार्थास एकाच प्रेरणा दिली आहे, आणि त्यास कांहीं प्रतिबंध न केला, तर तो प्रेरणेचे रेषेत सरळ चालेल हें वर सांगितलें; त्या रेषेस दिग्रेषा म्हणतात, तो पदार्थ दुसऱ्या जातीचा प्रेरणेवांचून आपली दिशा बदलणार नाही. एथपर्यंत पदार्थावर एकाच रेषेत प्रेरणा लागू होतात याविषयीं विचार झाला; परंतु अशी गोष्ट निरंतर घडत्ये असें नाही, कारण पहिल्या प्रेरणेचे दिशेशीं दुसरी दिलेली प्रेरणा कोन करित्ये हें या पुढील आकृतीवरून समजेल.

आकृति १.



मनांत आण कीं एक पदार्थ अकबर रेषेत चालतो, आणि तो क विंदूशीं आला तेव्हां त्यास एक दुसरी प्रेरणा इड रेषेत दिली, तर पदार्थाची चलनदिशा बदलेल, म्हणजे ती अर्थात इड रेषेकडे होईल. आतां त्या पदार्थावर इड प्रेरणा लागू झाली म्हणून अब रेषेत चालत नाही, आणि अब प्रेरणा आहे म्हणून इड रेषेत चालत नाही; तर त्या दोन दिशा सोडून मध्येंच क ह या नवे दिशेस चालेल; पहिल्या प्रेरणेहून दुसरी प्रेरणा मोठी किंवा लहान असेल, त्या प्रमाणानें क ह रेषेकडे रेषेजवळ किंवा लांब होईल, हें पुढील अध्यायांत दाखविलें आहे.



## अध्याय ३.

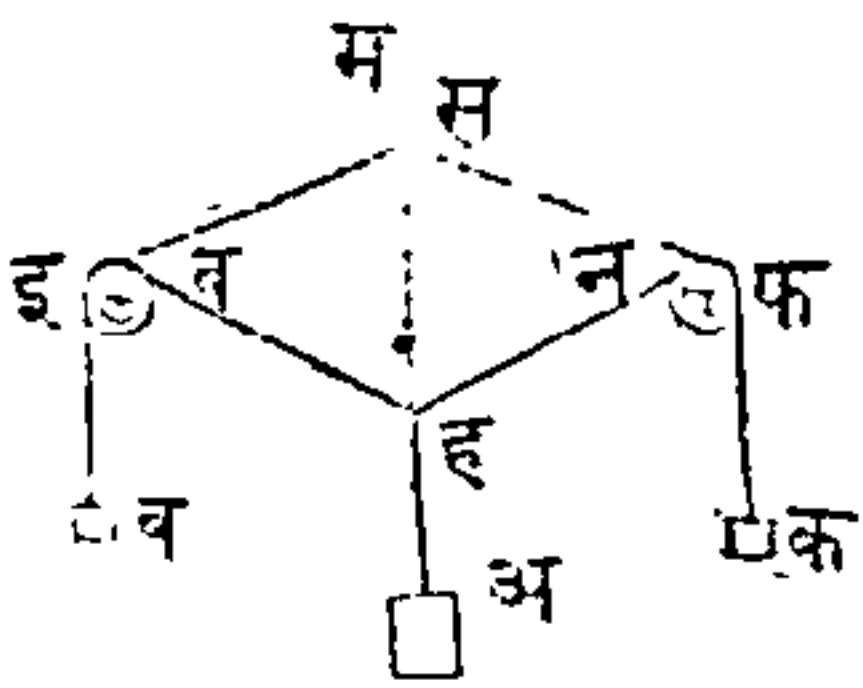
### द्वितीय चलननियम.

चलनविशिष्ट पदार्थावर जेव्हां एकादी प्रेरणा घडत्ये, तेव्हां त्याचे चलनाचे फिरणे नव्या प्रेरणेचे दिशेस होतें, आणि तें त्या प्रेरणेशीं प्रमाणांत असतें.

एका पदार्थावर परस्परांशीं विरुद्ध नसतां निरनिराळ्या दिशेंत अशा दोन प्रेरणा घडल्या असतां, त्या पदार्थाचा चलनाची जी दिशा होत्ये ती आणि मिश्र चलन या दोन गोष्टी द्वितीय चलननियमांत येतात ह्यणून हा फार अगत्याचा आहे.

जर दोन सारिखीं वजनें, अथवा कोणत्याही जातीचा दोन सारिख्या प्रेरणा समोरासमोरचे दिशेंत एकादे पदार्थावर घडल्या, तर तो पदार्थ स्थिर राहिल; यास दृष्टांत तराजूचा दोनही पारड्यांत एक एक शेराचें वजन घातलें असतां तीं पारडीं स्थिर ह्यणजे समतोल होतील; कारण समोरासमोरचा दिशांत समान प्रेरणा लागू होतात, यामुळें या उदाहरणांत तुलना घडत्ये; आणि अशा प्रेरणा लागू केल्यानें जी तुलना घडत्ये तिचा विचार करण्यांस ही गोष्ट प्रेरक आहे. जास प्रेरणोपपादक समांतरवाजूचौकोन ह्यणतात, त्याचा हा पुढील कृति-सहित दृष्टांत आहे, आणि या समांतरवाजूचौकोनाचा योगानें चलन उत्पन्न करणाऱ्या प्रेरणांतून एकएकीचें फळ काढितां येतें, तसेंच त्यांचा समुच्चयाचें फळही काढितां येतें, ह्यणून हा प्रेरणोपपादक समांतरवाजूचौकोन यंत्रशास्त्रांत फार अगत्याचें मूळ कारण आहे.

आकृति २.



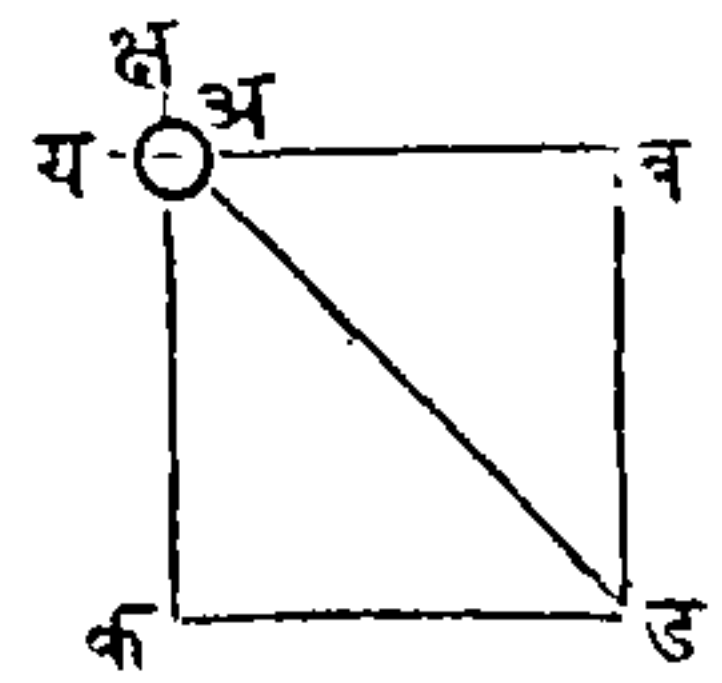
कप्पीचा चाकासारिखां दोन लहान इ, फ, चाकें (आकृति २) एका उभ्या फळ्यास बशीव, आणि एका दोरीचा टोंकांस ब, क वजन बांधून ती दोरी त्या चाकांवरून

सोड. नंतर दोन चाकांमधले दोरीस कोठे तरी ह पासून दुसरें एक अ वजन टांग, असें कीं तें त्या दोरीस खाली ओढून इ ह फ कोन करील, आणि पहिल्या वजनांस तोलून धरील. त्यांचे या स्थितीवरून हें उघड आहे कीं, अ ह दिशांत लागू होणारें अ वजन ह इ आणि ह फ दिशांत लागू होणाऱ्या ब आणि क वजनांस तोलून धरील. आणि या दोन प्रेरणा अ वजनाचे बरोवरीचे प्रेरणेचे बरोबर असाव्या आणि त्यांची दिशा ह पासून वर असावी. या वजनांतून प्रत्येकाचें फळ काढायासाठीं जा फळ्यावर तीं चाकें आहेत, त्यावर अ ह दोरीचा रेषेत ह बिंदूपासून वरचे वाजूस ह म रेघ कर. आणि ह इ, ह फ दोऱ्यांखालीही फळ्यावर रेघा कर; नंतर ह म रेषेत स बिंदू घे आणि अ वजनांत जितके तोळे असतील तितके इंच स ह रेषेत आहेत असें मान. ह म रेषेतील स बिंदूपासून स व रेघ, अ फ रेषेचीं समांतर आणि स न रेघ ह इचीं समांतर काढ. नंतर ह्या झालेल्या समांतरवाजुचौकोनाचा ह व, ह न वाजु मोजल्या तर, ब वजनांत जितके तोळे आहेत तितके इंच ह व रेघ भरेल, आणि क वजनांत जितके तोळे आहेत तितके इंच ह न रेघ भरेल. या दृष्टांतांत

तोळे आणि इंच हे वजनाचे आणि लांबीचे भाग दाखविण्यास घेतले आहेत; परंतु प्रत्येकाचें वजन आणि लांबी दुसऱ्याे कांहीं जातीची घेतल्यास चिंता नाही, परंतु प्रत्येक पक्षां सर्व रेखांस एकच जातीचें माप लावावें आणि सर्व वजनांस एकच जातीचें वजन असावें.

मागल्या दुसऱ्या आकृतींत प्रेरणोपपादक समांतरबाजूचौकोन स व, व ह, ह न आणि न स या रेखांनीं झाला आहे, आणि समोरासमोरचे दोन कोन सांधणाऱ्या ह स रेघेस कर्णरेघ ह्मणतात. समांतरबाजूचौकोनाचा स व आणि स न बाजू, एकत्र लागू होणाऱ्या प्रेरणांचें परिमाण आणि दिशा दाखवितात, आणि स ह कर्ण त्यांशीं समान प्रेरणा दाखवितो;— परस्परांस प्रतिबंधक अशा प्रेरणांनीं तुलना होये हें दाखवावें इतकाच या दृष्टांताचा हेतु आहे; आतां भिन्नभिन्न दिशेंत लाविलेल्या प्रेरणांनीं तुलना न होतां, चलन उत्पन्न होतें याचा विचार करितों. एका पदार्थावर दोन प्रेरणा निरनिराळ्या दिशेंत घडल्या असतां, त्यास त्या चलन देतात, याचें उदाहरण ही बाजूवरील आकृति आहे. एका अ पदार्थावर एक प्रेरणा केली अशी कीं ती त्यास कांहीं सांगितल्ये काळांत ब जवळ नेईल; आणि लागलीच त्यावर दुसरी प्रेरणा अक दिशेंत केली जी त्यास वर सांगितल्ये काळांत क जवळ नेईल; असें झाल्यावर त्या पदार्थावर केवळ एक शुद्ध प्रेरणा असावी तिचा ठिकाणीं

आकृति ३.



मिश्रप्रेरणा झाली, यामुळे तो पदार्थ कोणत्याही प्रेरणेचे दिशेत जाणार नाही; कां कीं तो पदार्थ ब अथवा क कडे जावा तो न जातां अ ड कर्णरेषेत जाईल त्या कर्णाची लांबी आणि स्थान, अ क ड ब चौरस पुरा करून, अ कोनापासून त्याचा समोरचा कोनापर्यंत अ ड कर्णरेषे काढिल्याने निघेल; या पक्षां त्या गोळ्यास एकच प्रेरणा देऊन त्या चौरसाचा कोणत्याही एका वाजूवरून चालण्यास जो काळ पाहिजे तितकाच काळ त्यास अ ड कर्णावरून चालण्यास लागेल, जसें एक क्ष प्रेरणा जा काळांत अ गोळ्यास क जवळ नेईल, अथवा दुसरी य प्रेरणा ब जवळ नेईल त्याच काळांत तो गोळा ड जवळ जाऊन पोचेल— जी प्रेरणा अ क रेषेत घडये, ती ब ड समांतर रेषेकडे त्या पदार्थाचे जाणें त्वरित किंवा हळू करित नाहीं हें उघड आहे; ह्मणून जर त्यास अ क दिशेत चलन नसतां जा काळांत ब जवळ जातो त्याच काळांत तो ड जवळ जाईल. त्यासारखेंच, अ ब दिशेतली प्रेरणा पदार्थास क ड रेषेकडे किंवा तिजपासून दूर नेत नाहीं; यावरून हें निघते कीं पदार्थ दोन प्रेरणांमुळे कोठें तरी क ड आणि ड ब रेषांत असेल; ह्मणजे त्या रेषांचा छेदनबिंदू ड या स्थळीं असेल. एक तारुण पाठीवरचा वाऱ्याने दक्षिणेस जात आहे, आणि तें भरतीनें अथवा पाण्याचा ओघानें पूर्वेस तितकेंच जलद लोटत आहे, तर तें प्रतिक्षणीं किंचित् दक्षिणेस आणि किंचित् पूर्वेस जाईल; ह्मणजे तें खचित् मधल्या आग्नेयी दिशेस जाईल. वारा आणि भरती अशा जातीचा दोन प्रेरणा

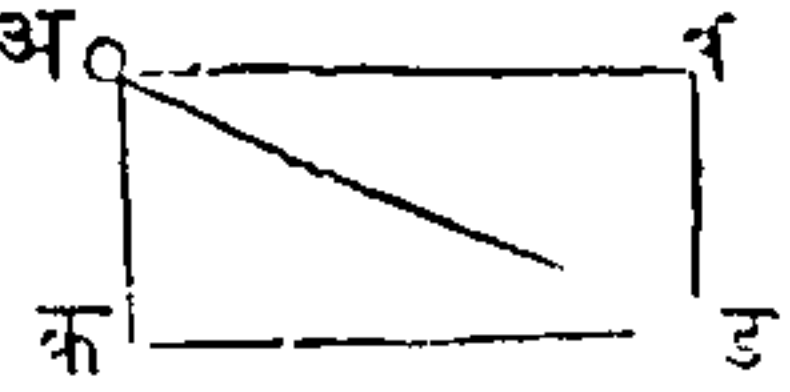


पदार्थावर एकदांच किंवा एका मागून एक घडल्या, तथापि परिणाम सारखान्च होतो; उदाहरण, जर एक तारुं वाऱ्यानें दक्षिणेस एक कोस गेलें, जसें अ पासून क पर्यंत (आकृति३) आणि नंतर लागलेंच भरतीनें एक कोस पूर्वेस गेलें, जसें क पासून ड पर्यंत, तर तें तारुं आमैयीकडे अ ड रेंघेंत एकदांच लोटलें असतां जा ड स्थळाशीं पोंचेल त्याच ठिकाणीं वर सांगितलेला गोष्ट झाली असतां जाईल. ह्यगून दोन प्रेरणा आणि त्यांचा दिशा दाखविण्यासाठीं अ क आणि अ व रेघा काढिल्या, आणि प्रत्येकीचा बरोबरीची रेघ दुसरीचा टोंकास जोडिली, जसें, अ क चा टोंकास क ड, अथवा अ व चा टोंकास व ड, तर चौरस किंवा समांतरबाजूचौकोन पुरा होईल. त्याचे मधल्या रेघेस कर्णरेघ असें ह्यणतात, ती त्या प्रेरणांचें परिणामरूप प्रेरणा आणि त्या प्रेरणांस अनुसरणारा जो पदार्थ त्याचा खरा मार्ग या दोन गोष्टी दाखविले. -

एकटी अ ड प्रेरणा यंत्रशास्त्राप्रमाणें अ क आणि अ व प्रेरणांचे बरोबर आहे, तीस परिणामरूप प्रेरणा असें ह्यणतात; आणि अ क आणि अ व प्रेरणांस तिचा कारणभूत प्रेरणा ह्यणतात; जेव्हां कारणीभूत प्रेरणांचे जागीं परिणामरूप प्रेरणा घेतात, तेव्हां त्या कृतीस प्रेरणैकीकरण ह्यणतात. जा प्रेरणांची एकादी प्रेरणा परिणामरूप आहे, त्या प्रेरणेचा बदल दोन अथवा अधिक प्रेरणांची योजना करितात, त्या कृतीस प्रेरणापृथक्करण असें ह्यणतात. -

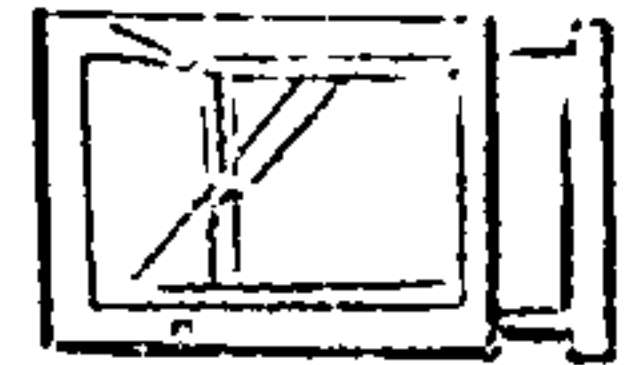
जर त्या दोन प्रेरणा बरोबर आहेत असें न मानितां, जी प्रेरणा अला क कडे नेत्ये तीहून बकडे नेणारी प्रेरणा दुप्पट अथवा तिप्पट मोठी असें कल्पिलें तर, अब रेघ अक रेघेचे दुप्पट अथवा तिप्पट लांब असावी; आणि या पक्षां कर्ण, चौरसाचा होणार नाही, परंतु बाजूवरील आकृतीप्रमाणें समांतरबाजूचौकोनाचा होईल. आणि याप्रमाणें पुढें कोणत्याही प्रमाणाचे प्रेरणेविषयीही दाखवितां येईल.—

आकृति ४.



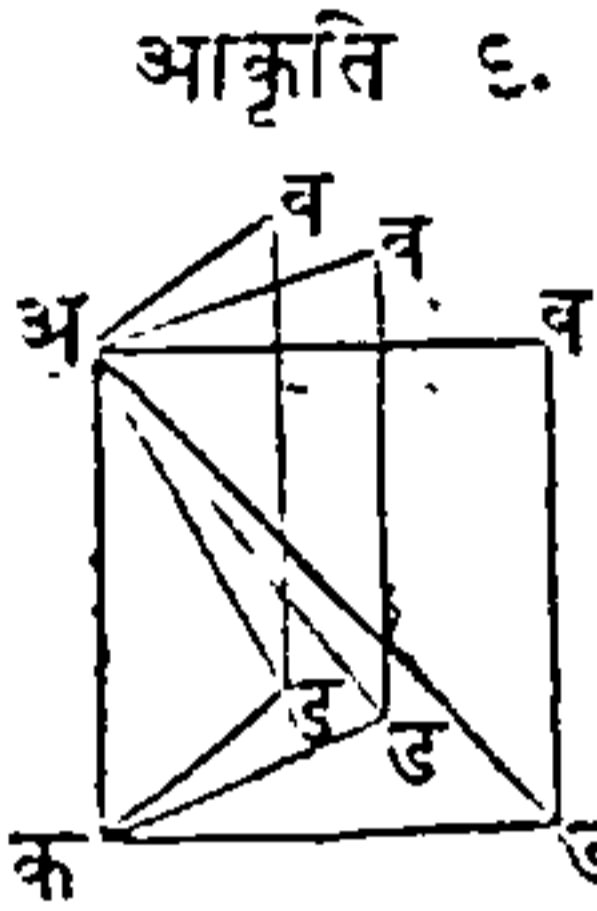
मिश्र प्रेरणांचा व्यापार आणि त्यांपासून उत्पन्न झालेलें चलन, हीं दोन्ही एका लाहानशा यंत्रानें सुरेख दाखवितां येतात; त्या यंत्राची आकृति बाजूवर काढिली आहे. (आकृति ५) त्या यंत्रांत दोन लांकडाचा हलक्या चौकटां एकावर एक सरत अशा आहेत; आणि एका चौकटांत एक आडवी तार आहे, त्या तारेवर एक गोळा चालतो आणि त्या गोळ्यापासून एक दोरी दुसऱ्या चौकटीकडे जाये, अशी कीं जेव्हां त्या चौकटी हलवाव्या, तेव्हां त्यांचें हालणें ही एक प्रेरणा होये, आणि दोरीचें ओढणें ही दुसरी प्रेरणा, या प्रेरणा झाल्या असतां असें दिसेल कीं तो गोळा एका चौकटीचा खालून वरतीं अथवा वरून खालीं जातो, परंतु तो दुसरीचा कर्णविरून चालतो.—

आकृति ५.



समांतरबाजूचौकोनाचा कर्ण कोणत्याही पक्षां त्या चौकोनाचा जवळ जवळचा दोन बाजूंबरोबर होत नाही,

आणि जसा जसा त्या रेखांचा कोन वाढत जातो, त्याप्रमाणे कर्णाची लांबी कमी होत जाये, ह्मणून असे सिद्ध होते कीं प्रेरणांचा पृथक्करणाने शक्तीचा तोटा होतो. जा कोनाने प्रेरणा पदार्थावर लागू होतात, तो कोन जसजसा मोठा

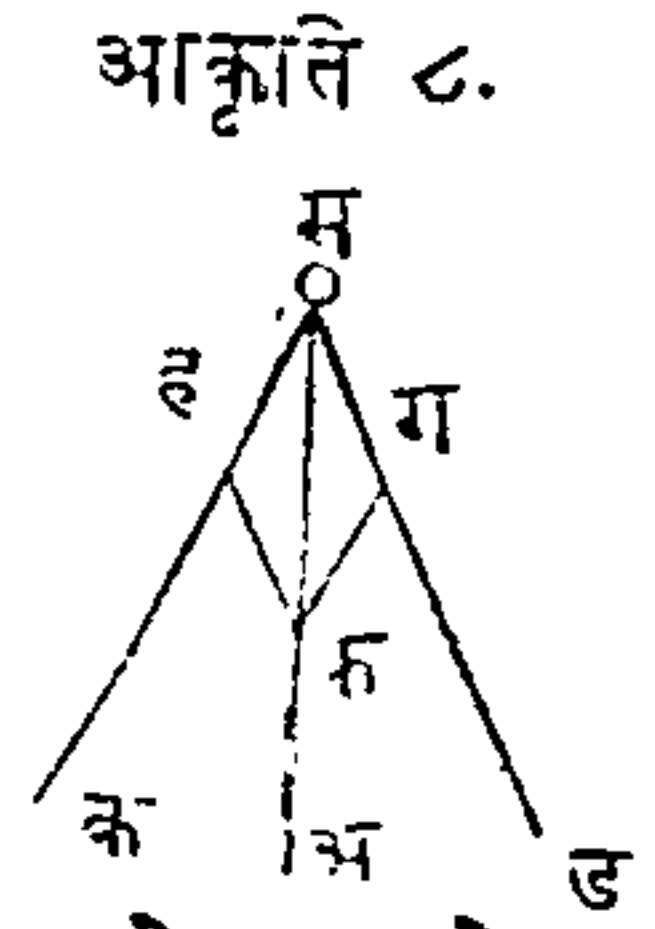


आकृति ६. होतो, तसतसा पृथक्करणाने शक्तीचा तोटा होतो, ही गोष्ट वाजूवरील आकृतीवरून लक्षांत येईल; (आकृति ६). जर अब, अक, एका समांतरवाजूचौकोनाचा वाजू दोन प्रेरणांचा दिशा दाखवितात, आणि अड रेघ पदार्थाचा कर्ण दाखविले, तर जसा जसा वअक कोन वाढत जातो, तशी अड रेघ कमी होत जाये हे स्पष्ट आहे.

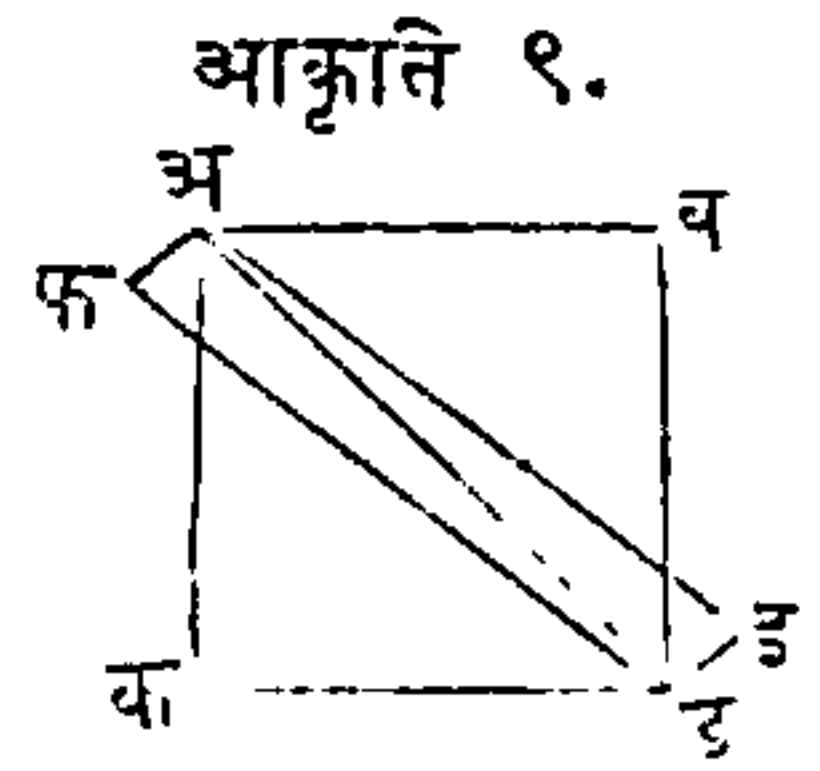
एका म गोळ्यावर दोन प्रेरणा एकदांच घडतात, आकृति ७. त्यांचा दिशा मअ आणि मब आहेत असे मनांत आण, आणि जी प्रेरणा मअ रेघेत त्या गोळ्यावर होये तिचे परिमाण मफ रेघ दाखविले आणि मब रेघेतल्या प्रेरणेचे परिमाण मग रेघ दाखविले; ग पासून मफ शीं आणि फ पासून मग शीं समांतर अशा रेखा काढ, तर म पासून ड पर्यंत काढलेली रेघ कर्ण होईल, ह्मणजे ती परिणामरूप प्रेरणेची दिशा होईल.

दोन प्रेरणांची एक परिणामरूप प्रेरणा कशी काढावी हे वरचे उदाहरणावरून स्पष्ट कळते; आतां परिणामरूप अशी एक प्रेरणा घेऊन तिचे दोन प्रेरणांत पृथक्करण कसे करावे याचा विचार करितों. म गो-

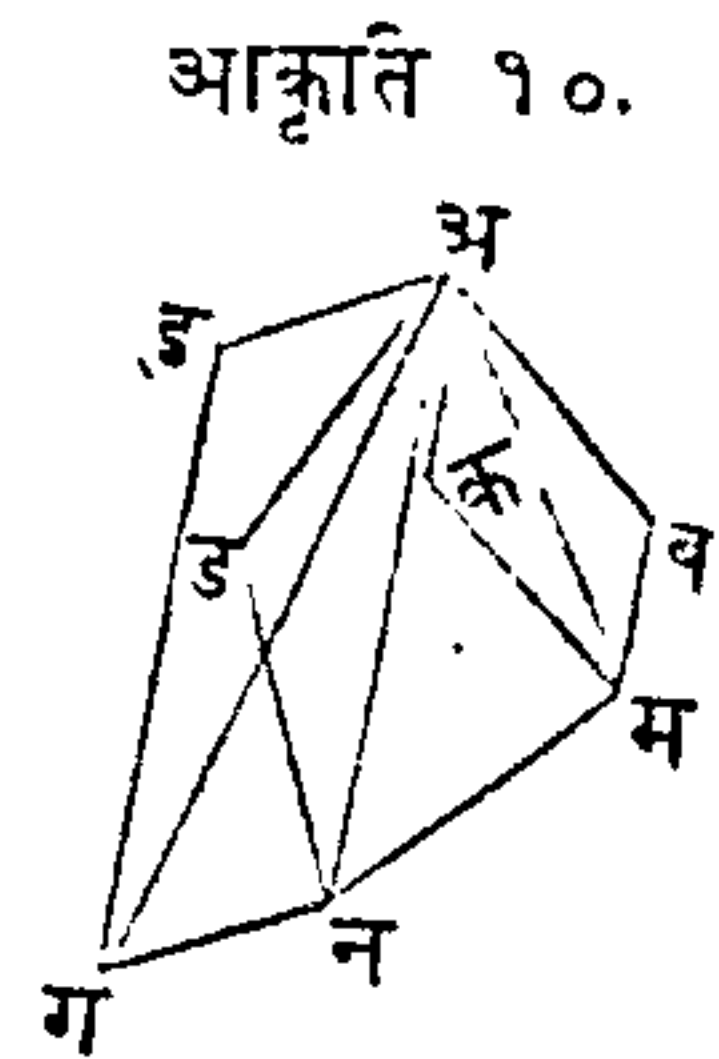
व्यावर एक प्रेरणा म अ दिशेंत लाविली आहे, आणि तिचें परिमाण म फ आहे; जा दिशांत तिचें पृथक्करण करावयाचें आहे त्या दिशा म क आणि म ड आहेत, तर फ पासून दोनही दिशांस समांतर रेखा काढ; ह्मणजे म ग, म ह ह्या रेखा इच्छिलेल्या दोन प्रेरणांची परिमाणें होतील; म फ त्या दोन प्रेरणांची परिमाणरूप ह्मणजे त्यांशीं समान प्रेरणा होईल.—



त्राजूरल्या आकृतींत (आकृति ९) अ ड रेखा अ व ड क चौरसाचा आणि अ इ ड फ समांतरत्राजूचौकोनाचा कर्ण आहे; यावरून असें दिसतें कीं समांतरत्राजूचौकोनाचा अथवा चौरसाचा जवळचा त्राजूनीं जा प्रेरणा दाखविल्या असतात त्यांचा योगानें एकादा पदार्थ एकाच कर्णावरून चालेल



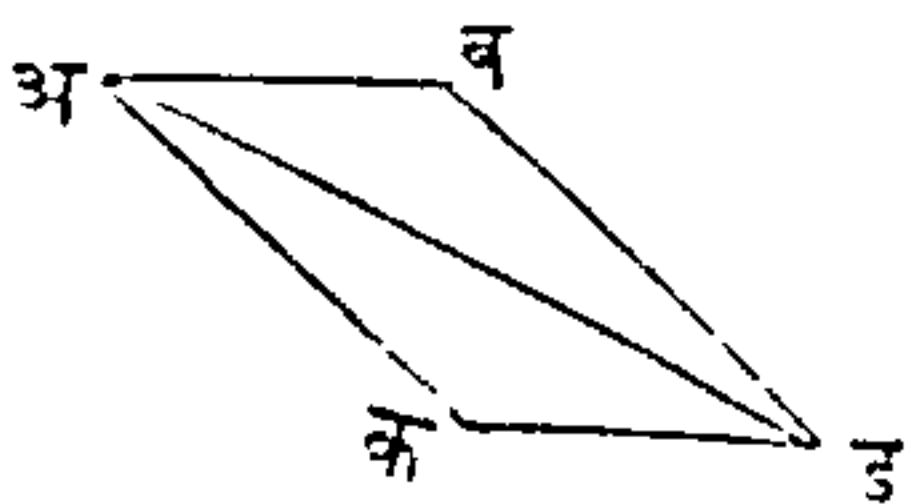
एका पदार्थावर घडणाऱ्या प्रेरणा, आणि त्यांचा दिशा कितीही असोत, तथापि त्या सर्वांची मिळून एक परिणामरूप प्रेरणा करितां येईल; उदाहरण. जर एका अ स्थळींचा पदार्थावर चार प्रेरणा एका काळींच घडतात जांचीं परिमाणें आणि दिशा अ व, अ क, अ ड, अ इ रेखा दाखवित्यात; प्रथम अ व आणि अ क रेखांशीं समांतर आणि वरोवर अशा क म आणि व म रेखा काढ; असें केल्यानें अ व म क समांतरत्राजूचौकोन होतो;



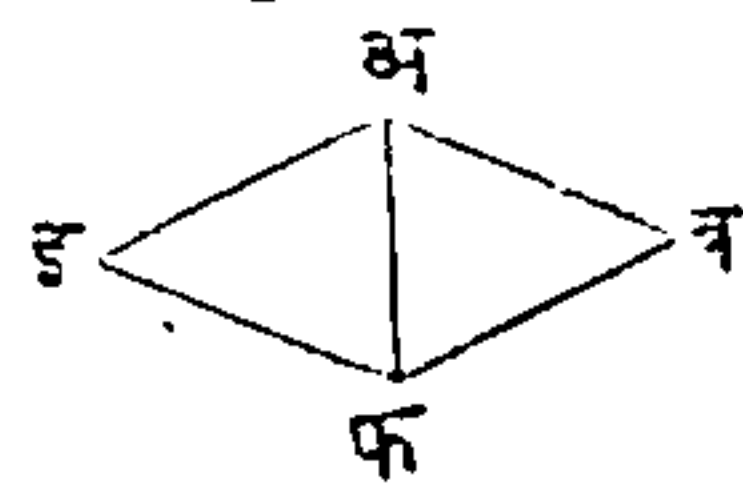


जर अ पासून म पर्यंत रेघ काढिली, तर तो कर्ण होईल, आणि जर त्या पदार्थावर नुसत्या दोन अ व, अ क प्रेरणा घडल्या असतां जा दिशेंत तो जाईल, ती दिशा तो कर्ण होईल. यावरून तो पदार्थ एकट्या अ म प्रेरणेनें अ म दिशेंत, अ व आणि अ क या दोहोंचे योगानें चलन पावतो असें दाखविलें; आतां त्या दोन प्रेरणांस एक अ म प्रेरणा असें मान, ती अ म प्रेरणा अ ड वरोवर घेतली असतां अ म न ड समांतरवाजूचौकोनाचा अ न कर्ण निघेल. अ म आणि अ ड प्रेरणा घडल्या असतां जसा तो अ न दिशेंत जातो, त्याच दिशेंत अ व, अ क आणि अ ड प्रेरणा घडल्या असतांही जाईल. याप्रमाणें तीन प्रेरणा मिळून एक प्रेरणा झाली तिची दिशा अ न रेघ दाखविले; आतां तिशीं वाक्री राहिलेली चवथी अ इ जोडून अ न ग इ समांतरवाजूचौकोनाचा अ ग कर्ण काढितां येईल, जाचा दिशेंत तो पदार्थ चार प्रेरणांचा योगानें चालेल. याचप्रमाणें पुष्कळ प्रेरणांची परिणामरूप प्रेरणा काढितां येईल.—

आकृति ११.



आकृति १२.



जर एक पदार्थ अ पासून ब कडे जात आहे, (आकृति ११) आणि त्याचा वेग एक मिनिटांत त्यास अ व अंतरावर नेतो असा आहे, आणि जर त्यास दुसरी एक प्रेरणा अ क दिशेंत दिली जी त्यास एका मिनिटांत अ

पासून क पर्यंत नेत्ये, तर या नव्ये प्रेरणेपासून त्यास किती अधिक वेग प्राप्त होईल हे समजण्यासाठीं समांतरवाजूचौकोन पुरा करून अ ड कर्ण काढावा, आणि अ ब रेघेहून अ ड कर्ण जितका अधिक लांब होईल, तितका अधिक वेग होईल. त्याचप्रमाणें जर अ क प्रेरणेचा बदल अ इ प्रेरणा दिली (आकृति १२) तर तिची दिशा अ ब चा दिशेचे उलटी हे स्पष्ट आहे ह्मणून, ती त्या पदार्थाचा वेग अधिक न करितां उणा मात्र करील ; पूर्वीप्रमाणें अ फ कर्ण काढावा, आणि त्याहून अ ब वाजू जितकी लांब असेल तितका वेग या नव्ये प्रेरणेमुळे कमी होईल.—

या मुख्य कारणावरून ही पुढील आधाररूप रीति स्थापिली जात्ये ; “जर एका पदार्थावर दोन चलन देणाऱ्या प्रेरणा एकाकाळीं घडल्या आणि त्यांतून एक एक त्या पदार्थास सांगितल्या काळांत समान चलनानें चौरसाचा अथवा समांतरवाजूचौकोनाचा वाजूवरून नेत्ये, तर तो पदार्थ त्याच काळांत, त्या चौरसाचा अथवा समांतरवाजूचौकोनाचा कर्णावरून समचलनानें चालेल.”

जा प्रेरणा समांतरवाजूचौकोनाचा वाजूवरून चलन उत्पन्न करितात त्यांस शुद्ध प्रेरणा ह्मणतात ; जी एकटी प्रेरणा कर्णरेघेंत चलन देत्ये, तीस परिणामरूप प्रेरणा ह्मणतात ; आणि कधीं कधीं तीस वरोवरीची प्रेरणा असैही ह्मणतात.—

आणि जी प्रेरणा एका रेघेंत चलन उत्पन्न करित्ये ती दोन अथवा अधिक प्रेरणांपासून झाली आहे असैही मनांत आणितां येईल. या गोष्टीचा प्रत्यय, पाण्याचा

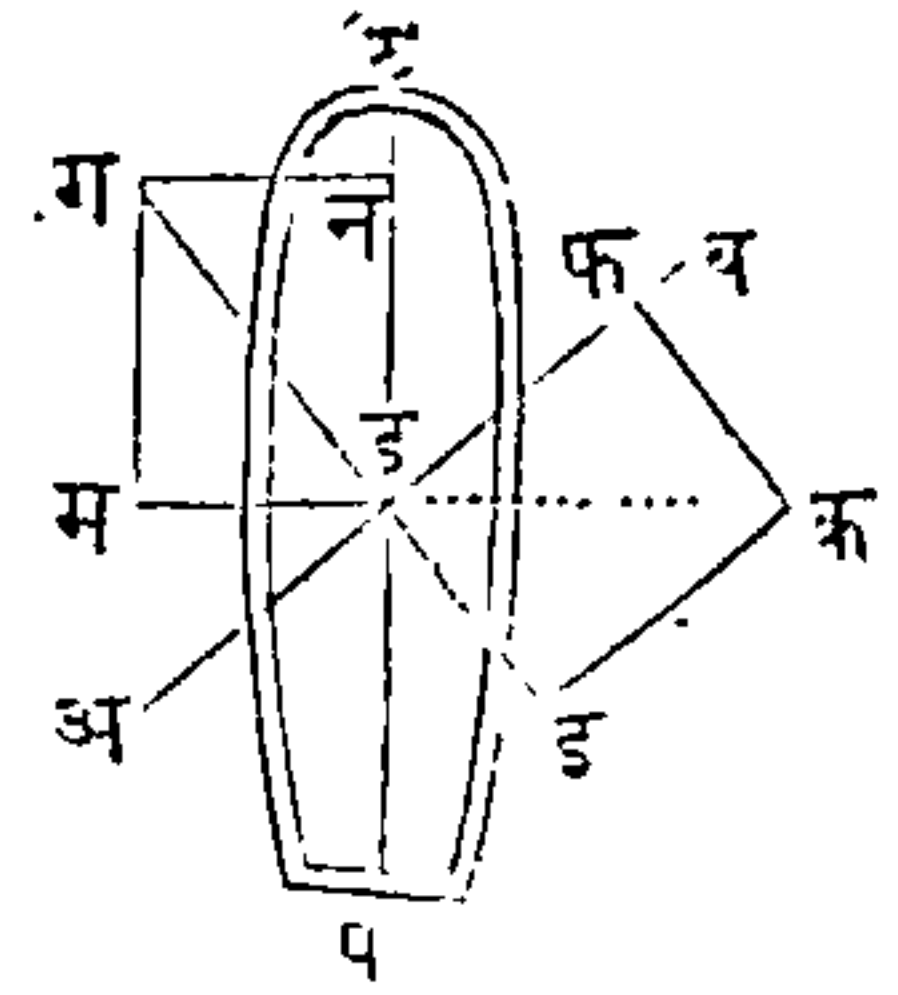
पाटांतून घोडे ओढून नेतात अशा होडीवरून होते ; प्रत्येक घोडा दोरीचा दिशेत होडी आपल्याकडे ओढितो ; परंतु होडी दोघांकडे जाऊं शकत नाहीं, ह्मणून तिचें खरें चलन या दोन प्रेरणांचे मिश्राचें फळ आहे.—

यासच प्रेरणैकीकरण ह्मणतात. जा दोन प्रेरणांचा दिशा आणि वेग घोड्यांचा शक्तींनीं दर्शविले आहेत, त्या प्रेरणा मिळून एक प्रेरणा झाली असें ह्मणतात, ती एक प्रेरणा या उदाहरणांत होडीचा चलनानें दाखविली आहे.—

पुष्कळ प्रेरणा एका काळीं घडल्या असतां, चलन उत्पन्न करितात याविषयीं उदाहरणें सृष्टींत असंख्य आहेत. वारा आणि भरती या दोन प्रेरणांनीं चालणारें तारूं, या विषयाचें एक उदाहरण आहे. जेव्हां वेगरहित नदींतून नाव एका तिरापासून दुसऱ्या तिराकडे नेतात तेव्हां ती तिराशीं लंबरूप रेषेत जात्ये ; जर वेग असला तर ती नाव नुसती सोडली असतां किनाऱ्याशीं समांतर रेषेत लोटत जाईल ; जर नावेवर दोन प्रेरणा एकदांच केल्या, ह्मणजे वल्हीं तीस किनाऱ्याशीं लंबरूप रेषेत नेतात आणि नदीचा वेग तीस किनाऱ्याशीं समांतर रेषेत लोटीत नेतो, तर ती नाव दोहोंतून कोणत्याही प्रेरणेस अनुसरणार नाहीं ; परंतु ती प्रेरणैकीकरणानें जी दिशा होईल त्या दिशेत जाईल. जर नावाच्याचा मनांत समोर नदीचा पलिकडल्या तिरां नाव न्यावयाची आहे, तर तो नदीचा वेग लक्ष्यांत आणून समोर चालविणार नाहीं परंतु तिर्कस चालवील.—

ट प एक तारूं आहे (आकृति १३). आणि शिडाची स्थिति अ व रेघेंत आहे, आणि वारा क ड दिशेंत वाहातो अशी कल्पना कर; वान्याची शक्ति दाखविण्याकरितां जी क ड रेघ घेतली तिचें ड इ आणि ड फ रेघांत पृथकरण होईल, ड इ शिडास लंब आणि ड फ शिडाचा दिशेंत; ड फ प्रेरणेचा शिडावर भार मात्र आहे, तिजपासून कांहीं उपयोग नाही, आणि ड इ प्रेरणा तारवास ड ग दिशेंत चालवील हें उघड आहे. ड न आणि ड म या दोन प्रेरणांत ड ग प्रेरणेचें

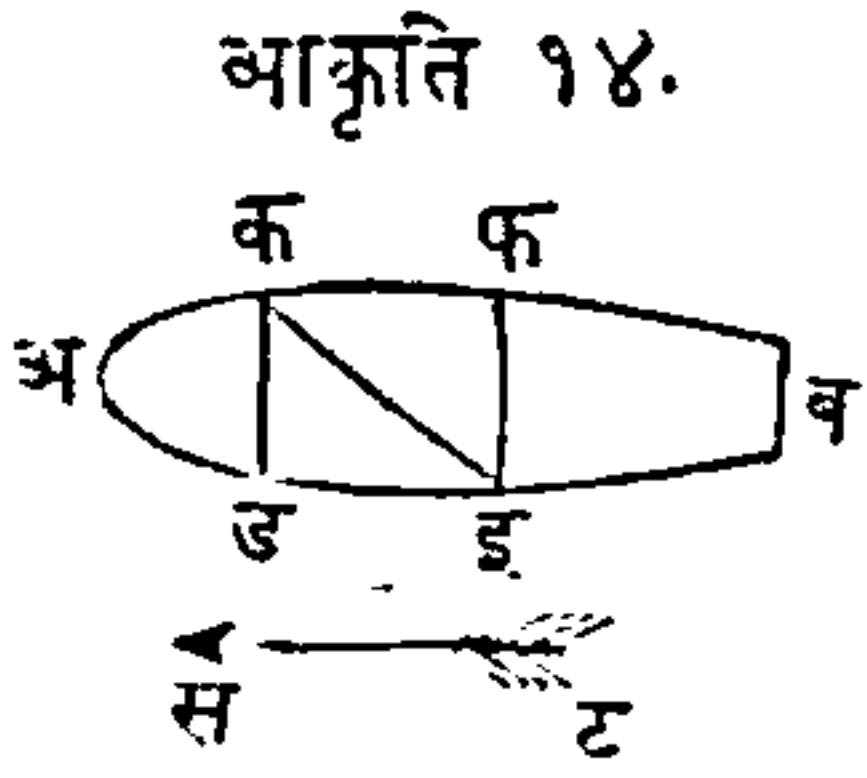
आकृति १३.



पृथकरण कर, त्यांतून पहिली तारवाचा कण्याचा दिशेंत लागू आहे, आणि दुसरी, कण्याशीं लंबरूप दिशेंत ह्यणजे तारवाचे रुंदीचा दिशेंत आहे; ह्यणून ड न प्रेरणा मात्र तारवास पुढें लोटत्ये आणि दुसरी ड म वाजूस नेत्ये; तारवाचा आकृतीवरून हें उघड दिसतें कीं कण्याचा दिशेंतला वेग, वाजूवरील ड म दिशेंतल्या वेगापेक्षां फार अधिक आहे. या वाजूचा जाण्यास दमाण ह्यणतात.

या वर्णनावरून हें उघड आहे कीं जो वारा गलबताचा मार्गास बहुतकरून आडवा आहे, तो वारा शिडाचा योगानें गलबतास पुढें चालवी असें करितां येईल.—

एक अ व होडी ट स वाणाचा दिशेंत जात आहे, आणि इ आणि फ असे दोन पुरुष, तींत समोरासमोर वसले आहेत; जर इ पुरुष एक गोळा फ कडे फेंकितो, तर होडी चालत असली किंवा स्थिर असली तरी, तो गोळा

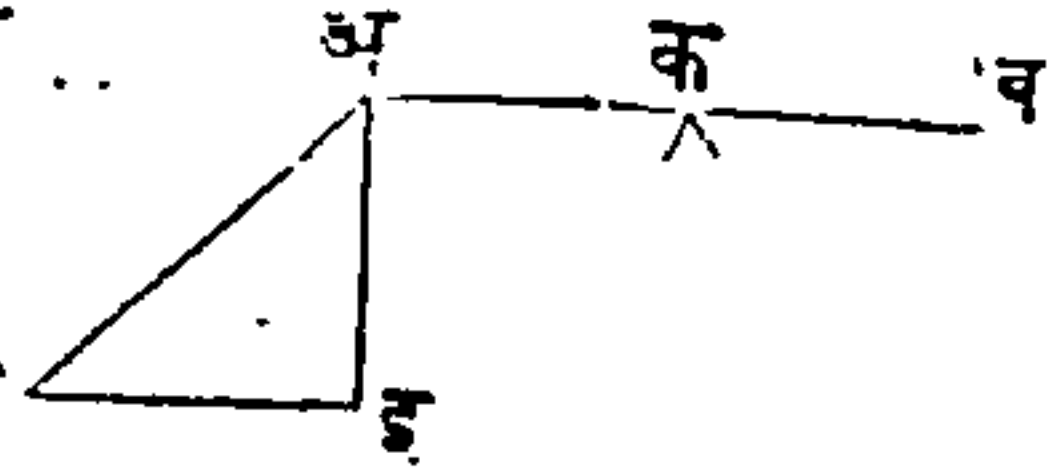


इ फ दिशेंत चालतो असा दिसेल; जर होडी स्थिर असेल तर तो गोळा निखालस त्याच दिशेंत जाईल, आणि जेव्हां ती चालती असेल, तेव्हां होडीचे पुढें चालण्यामुळे दुसरें चलन उत्पन्न होईल, तें त्या गोळ्यावर ड इ दिशेंत लागू होईल. जरीं तो गोळा इ फ दिशेंत जातो असें उडविणारास दिसतें तरों मिश्र चलनामुळे त्या गोळ्याचें चलन इ क रेषेंत होतें, कां कीं जी प्रेरणा होडीस ओढित्ये, ती त्या उडविणारास आणि गोळ्यासही आपल्ये बरोबर नेत्ये.—

एकसारख्या जाडीची ताठ अ ब दांडी क किलावर समतोल ठेव, अशी कीं ती त्या किलाभोंवतीं सहज फिरेल, आणि अ टोंकास एक प्रेरणा लाव, जिची दिशा आणि परिमाण अ फ रेष

आकृति १५.

होईल; तर अ फ प्रेरणेचें ड .. अ क व दोन प्रेरणांत पृथक्करण करितां येईल, एक अ ब शीं लंब क



आणि दुसरी तिशीं समांतर; त्यांचा दिशा आणि परिमाणें अ इ आणि फ इ रेषा होतील. जापेक्षां अ ब रेषेंत अ ड लागू आहे, आणि क बिंदू सोडून अ ब चानें जावत नाहीं, त्यापेक्षां अ व काठीवर तिचा कांहीं व्यापार चालत नाहीं, ह्मणून अ फ चें फळ अ इचा फळाबरोबर होईल, आणि अ फ रेष अ इ पेक्षां लांब आहे ह्मणून तिची शक्तिही अधिक होईल; यावरून हें सिद्ध झालें कीं,

२६ मोठ्या घांटा- कागदाचा पतंग- चाबुकस्वाराचे खेळ.

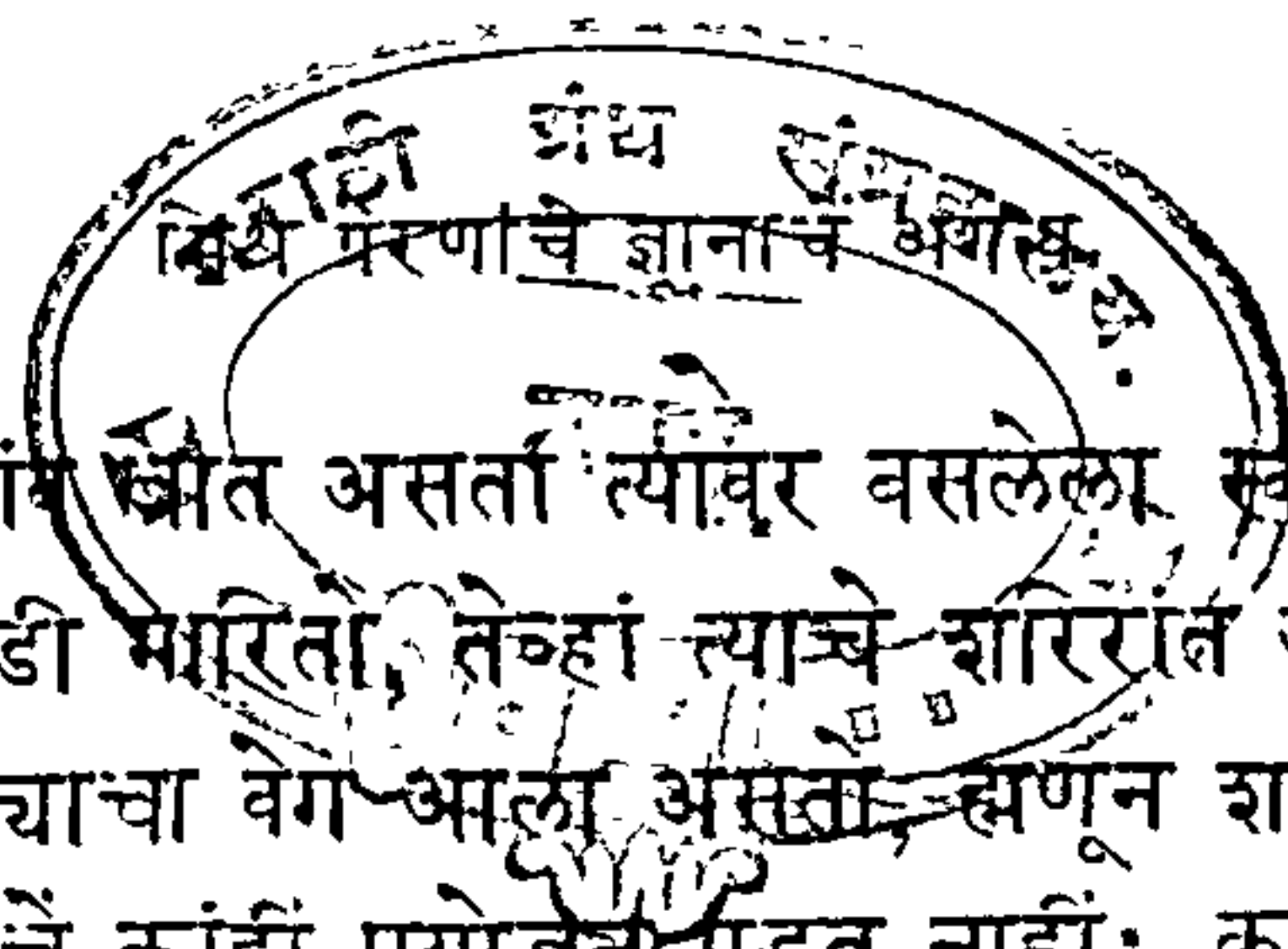
लंवरूप प्रेरणेचें फळ, तिकिस मोठ्या प्रेरणेचा फळावरोवर होईल. त्याचप्रमाणें प्रेरणेस तिकिस लावल्यानें जी शक्ति नाहींशी होत्ये तिची गणना करितां येत्ये; मनांत आण कीं त्याच आकृतींत अ फ प्रेरणा लावली आहे, एथें वास्तविक जितकी प्रेरणा पाहिजे त्यापेक्षां मोठी प्रेरणा कामांत घेतली हें उघड आहे, आणि जर ती मोठी प्रेरणा लंवरूपानें लाविली असती तर तिचें फळ अधिक झालें असतें; जर निष्कारण लावलेल्ये प्रेरणेचें वरोवर प्रमाण पाहिजे तर त्या प्रेरणेचें दोन प्रेरणांत पृथक्करण करावें, ह्मणजे, तें अ इ आणि इ फ प्रेरणांत होईल, तर इ फ स जशी अ फ प्रेरणा, तसा तिकिस लावल्यामुळें प्रेरणेचा निष्फल अंश सर्व प्रेरणेस होईल.

जा मोठ्या घांटा एका मनुष्याचानें वाजविल्या जात नाहींत, त्या पुष्कळ मनुष्ये मिळून वाजवितात. घांटेचा मुख्य दोरास दुसरे कित्येक दोर बांधलेले असतात, आणि तो प्रत्येक दोर एकएक माणूस ओढितो. प्रेरणांचा एकीकरणानें आणि पृथक्करणानें या सर्व प्रेरणा एकत्र करून त्यांची एक प्रेरणा मुख्य दोरावर लागू करितां येईल.

यास दुसरें उदाहरण कागदाचा पतंग, याजवर वारा आणि दोरी या दोन प्रेरणा असतात. वहाते पाण्यांत माशांचें फिरणें, आणि पाण्यांत पौहणें, तसेंच पक्ष्यांचें आकाशांत उडणें, हीं या विषयाचीं उदाहरणें आहेत.

चाबुकस्वार आपले खेळ सहज करून दाखवितात, त्यांस आधार मिश्र चलनाचा मूळ कारणाचा आहे.





घोडा भरधांव घेत असता त्यावर वसलेला स्वार जेव्हां वर उंच उडी मारतो, तेव्हां त्याचे शरिरात उडी मारिल्यावर घोड्याचा वेग आला असता, ह्मणून शरिरास पुढे झोक देण्याचें कांहीं प्रयोजक पडत नाहीं; कां कीं तो झोक त्याचे आंगीं घोड्यावरोवरचे साधारण चलनानें आला असतो; तो त्याचा आंगचा झोक, आणि त्याचा शरिराचें ऊर्ध्व चलन या दोहोंचा संयोगानें त्याची उडी सिद्धीस जात्ये, ह्मणजे तो पुनः त्याच भरधांव चालणाऱ्या घोड्यावर येऊन वसतो. या प्रसंगीं त्याचें शरीर एका समांतरवाजूचौकोनाचा कर्णावरून चालतें, जा समांतरवाजूचौकोनाची एक वाजू घोड्याचा चलनाची दिशा आहे, आणि दुसरी वाजू मनुष्याचा उडीची दिशा आहे.

यंत्रशास्त्र शिकणाऱ्या विद्यार्थ्यांनें, प्रेरणांचें एकीकरण आणि पृथक्करण यांचा मूळ कारणांशीं पुरतेपणीं माहित असावें हें अवश्यक आहे, कां कीं कोणत्याही दिशेंत अवांतर प्रेरणा लागू झालेल्या पदार्थाविषयींचीं कृत्यें उलगडणें यांवांचून होत नाहीं. जा शास्त्रांत तोफा मारण्याची विद्या सांगितली आहे, त्या शास्त्रास या कारणाचा आधार आहे; सर्व पदार्थ कोणत्याही प्रेरणेनें पृथ्वीचा सपाटीजवळ सरळ रेषेंत फेंकले असतां, त्यांवर पृथ्वीचें आकर्षण निरंतर असतें, त्या योगानें त्यांचा सरळ चलनाची दिशा फिरून, ते वक्ररेषेनें पृथ्वीकडे येतात. याच मूळकारणाचा आधारानें सर एसाक न्युटन याणें आपल्या प्रिन्सिपिया या ग्रंथांत जगताचा खरे स्थितीविषयीं सिद्धांत केला आहे, आणि अंतरिक्षजडांचा

योजना, व त्या योजनांचा निरंतरपणा, आणि त्यांचे पर-  
स्परांवर आकर्षणादि व्यापार आणि परिणाम या सर्व  
गोष्टी जा नियमांनीं घडतात ते नियमही त्याणे शोधून  
काढले आहेत. मूळयंत्रांचीं लक्षणें आणि गुण यांची  
सिद्धता करण्यासही हें कारण उपयोगी आहे, त्या मूळ  
यंत्रांविषयीं पुढें लिहिलें आहे.

प्रेरणांचें एकीकरण आणि पृथक्करण यांविषयींचा मा-  
गल्या सर्व लेखांत, भिन्न भिन्न प्रेरणा एकाच पदार्थावर  
लागू होऊन त्याचा आंगीं सम चलन उत्पन्न करितात  
असें कल्पिलें, आणि अशा सर्व प्रसंगां असें दाखविलें कीं  
त्यांपासून झालेला कर्णही सरळ रेष होत्ये; आतां अशी  
कल्पना करितों कीं पदार्थावरील प्रेरणांतून एक प्रेरणा  
अशा रीतीनें लागू होत्ये कीं ती त्या पदार्थास अधिका-  
धिक त्वरेनें चालवित्ये, आणि त्या वेळीं पदार्थाची चलन  
रेषा वक्र होत्ये. जे सर्व पदार्थ सरळ दिशेंत तिकिस  
फेंकले असून लागलीच जर त्यांवर (त्यांचें चलन वर्ध-  
मान करण्याचा जिचा स्वभाव आहे, अशी) गुरुत्वप्रेरणा  
लागू झाली तर ते पदार्थ वक्ररेषेंत चालतील. ह्मणून  
जेव्हां कोणत्याही जातीचा वक्ररेषेंत चलन पावणारा  
पदार्थ आपल्या दृष्टीस पडेल, तेव्हां असें अनुमान करि-  
तां येईल कीं, त्या पदार्थावर निदान दोन, तीन तरी  
प्रेरणा आहेत, त्यांतून एक त्यांस चलन देणारी, आणि  
दुसरी, जा सरळ मार्गानें तो पदार्थ चालणार त्यापासून  
दूर नेणारी आहे; आणि जा प्रेरणेनें पदार्थाचे सरळ  
चलनाचें वक्रचलन केलें त्या प्रेरणेचा व्यापार जेव्हां



बंद होतो, तेव्हां तो पदार्थ पुनः सरळ रेषेत चालू लागतो. तोफेंतून निघालेला गोळा, प्रथम चलननियमाप्रमाणें सरळ रेषेत जाईल खरा, परंतु गुरुत्वप्रेरणेमुळें वक्ररेषेत चालेल ; आणि “ त्याचे गमनाचा फेर, या प्रेरणेशीं प्रमाणांत होईल.” विद्यार्थ्यांस गुरुत्वनियमाची माहिती झाल्यावांचून प्रोजेक्ट्वाईल, ह्यणजे तोफा मारण्याची विद्या, तिचे नियम पुरतेपणीं समजणार नाहींत ; ते गुरुत्वनियम पुढें एका अध्यायांत वर्णिले आहेत.

### तृतीयचलन नियम.

आघात, नेहमी प्रत्याघाताचा बरोबर आणि विरुद्ध असतो ; अथवा दोन पदार्थांचे परस्परांवरचे आघात समान असतात, आणि त्यांचा दिशा समोरासमोर असतात.

जेव्हां दोन चलनविशिष्ट पदार्थांतून एक दुसऱ्यावर आपटतो, अथवा एकाचा आंगां चलन असून तो दुसऱ्या स्थिर पदार्थावर आपटतो, या दोहों पक्षांचा धक्का दोघांसही समान लागतो ; जसें जर एक मनुष्य धांवत धांवत दुसऱ्या स्थिर राहिलेल्या मनुष्याचा आंगावर जाऊन पडतो, तर प्रत्येकासही धक्का लागतो ; परंतु जर ते दोघे समान वेगानें आणि समोरासमोरून धांवत येऊन परस्परांवर आपटतात, तर पूर्वीपेक्षां धक्का दुप्पट होईल. जर त्यांतून एकाचें वजन दुसऱ्यापेक्षां फारच कमी असलें, तर त्यास या कारणामुळें भारी वजनाचे मनुष्यापेक्षां अधिक धक्का प्राप्त होणार नाहीं, परंतु त्यांतून

हलका मनुष्य जरी पडला आणि दुसरा पडेसा झाला तरी प्रत्येकास जो धक्का लागतो तो समानच आहे. ८०० शें खंडींचीं दोन गलवतें, जेव्हां समुद्रांत एकमेकावर आपटतात, आणि त्यांचे वेग ह्मणजे चलनपरिमाणें सारिखींच आहेत, तेव्हां प्रत्येकास जो धक्का लागतो, तो धक्का त्या दोहोंतून एक स्थिर असून त्यावर दुसरें १६०० शें खंडींचें गलवत त्याच वेगानें येऊन आपटल्यानें जो त्यास धक्का लागेल, त्याचे बरोबर होईल ; अथवा जर एक ३०० खंडींचें आहे आणि दुसरें ८०० शें खंडींचें आहे, तरीही धक्का समानच होईल, तथापि तो धक्का धाकट्याचानें सहन करवणार नाहीं.—

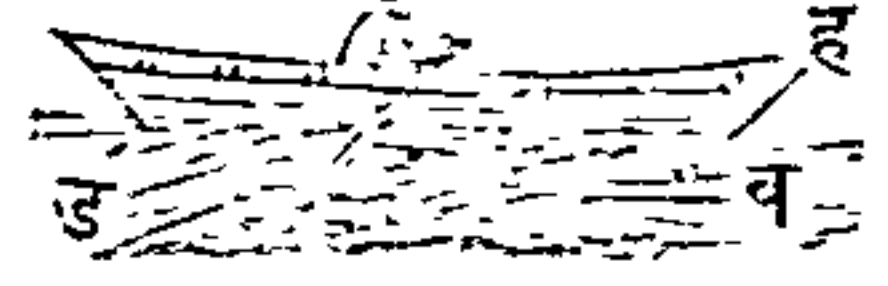
समान आकाराचा आणि समान वजनाचा दोन होड्या पाण्यावर स्थिर आहेत, आणि त्यांचामध्ये अंतर ४ फुटी आहे, आणि जर एका होडीतील मनुष्य दुसरीस दोरानें आपणाकडे ओढितो, तर त्या दोनही दोन दोन फुटी चालून एकत्र होतील ; अथवा जेव्हां दोनही होड्या एकत्र असून तो मनुष्य दुसरीस आपल्या होडीपासून दूर लोटितो, तेव्हां त्या होड्या समान अंतरावर दूर जातील ; पुनः जर त्यांतून एक होडी दुसरीचा वजनाचा दुप्पट आहे तर ती होडी दुसरीचा निभें अंतरावर जाईल ; यावरून जेव्हां पदार्थ परस्परांवर आपटतात असें दिसतें, तेव्हां आघात आणि प्रत्याघात समान घडतात आणि ते परस्परांस विरुद्ध असतात.—

बल्ह्यांनीं होडी चालविणें, पाण्यांत पोहणें, आणि उडणें या तीन व्यापारांत आघात आणि प्रत्याघात फार

उघड दिसून येतात ; उदाहरण, ह  
होडींतील र मनुष्य (आकृति १६)  
जेव्हां वळें ओढितो, तेव्हां पाणी व

आकृति १६.

र



कडे जातें, आणि त्या पाण्याचा यो-  
गानें तितकीच होडी ड कडे जात्ये. पोंहणें ह्यणजे  
हात आणि पाय यांस वळ्यांसारिखें कामांत आणणें आहे,  
आणि पोंहतांना आपण जितकें पाणी मार्गें सारितो, ति-  
तकें तें पाणी आपल्या शरीरास पुढें लोटितें. उडतांना  
जेव्हां पक्षी आपले पांख हवेवर मारितात, तेव्हां त्यांचा  
पसरलेल्या पांखांवर जो हवेचा प्रत्याघात होतो, तेणेंकरून  
ते पुढें जातात; यास उदाहरण, जर दहा शेरांचें वजन  
उचलिलेला अशा प्रेरणेनें एक पक्षी आपल्या पांखांनीं हवा  
खालीं दावितो, तर हवेचा प्रत्याघात त्या पक्ष्यास तितक्याच  
परिमाणाचा प्रेरणेनें वर उचलितो; परंतु जर पक्ष्याचें  
वजन एक शेर आहे तर हवेचा प्रत्याघात त्या पक्ष्यास  
नऊ शेर प्रमाणाचे प्रेरणेनें वर नेईल; ह्यणजे, जर एका  
दोरीचा एका शेवटास एक शेराचें वजन आणि दुसऱ्या  
शेवटास दहा शेरांचें, अशां दोन वजनें बांधून ती दोरी  
कप्पीवरून सोडिली तर, दहा शेर वजनाचा खालीं जा-  
ण्यानें जितकें एक शेर वजन वर चढेल, तितका तो  
पक्षी वर उचलिला जाईल. जर पक्षी आपल्या शरीराचे  
वजनानें मात्र हवेवर आघात करील, तर तो हवेंत, कांहीं  
वेळपर्यंत स्थिर राहील; ही गोष्ट घारी, ससाणे, आणि  
दुसरे पांखरांस खाणारे पक्षी उडत असतां दिसून येत्ये.

जर बोटानें लांकूड दाविलें, तर तें लांकूड बोट्यास

त्याचप्रमाणे दाविते. जर अ गोळा चालत असतां दुसऱ्या ब स्थिर गोळ्यावर जाऊन आपटतो, तर दुसऱ्या गोळ्यास जें चलन प्राप्त होतें, तें पहिल्यापासून घेतलें असतें यामुळे पहिल्याचा वेग त्याच प्रमाणाने कमी होतो. जेव्हां ही गोष्ट घडत्ये तेव्हां असें ह्मणतो कीं, अ पदार्थाने ब पदार्थास चलन दिलें ह्मणून अ चे चलनाचा कांहीं अंश नाहीसा झाला; यासच अवर बचा प्रत्याघात असें ह्मणतात. ब जितका अला प्रतिबंधक होतो, त्याच प्रमाणाने अ ची शक्ति कमी होत्ये, यावरून आतां असा निर्णय होतो कीं, आघात आणि प्रत्याघात हे परस्परांशीं समान आहेत; ह्मणजे, अ जितकी शक्ति बला देतो, तितकी त्याची शक्ति कमी होत्ये. चलन देण्यास काळ लागतो; हें पुष्कळ तऱ्हेचा कृतींवरून दाखवितां येईल. त्यांतील एक अति सुलभ कृति ही आहे; मोठ्या व्यासाचा पात्रावर समान पातळींत एक गुळगुळित झांकण ठेवून त्यावर जड तांब्याचा तुकडा ठेवावा; आणि जर तें झांकण एकाएकी त्याचा पातळीची दिशा न बदलतां ओढिलें, तर तो तांब्याचा तुकडा पात्रांत पडेल; परंतु झांकणाबरोबर तुकडा हालला तर तसें घडणार नाही.

घोडा जें एकादें मोठें ओझें ओढित नेतो तें ओझें त्याच प्रमाणाने त्यास मार्गें ओढितें; कारण कीं ओझास बांधिलेला दोर दोहोंकडे सारिखाच ताणिला असतो.—

तराजूचा एका पारड्यांत चार शेरांचें वजन घालून दुसरें रिकामें पारडें दावण्यास चार शेरांचें बळ घातलें राहिजे हें उघड आहे; परंतु जर एका पारड्यांत वीस

शेर आणि दुसऱ्यांत पंधरा शेर आहेत, तर त्या दुसऱ्यावर पांच शेरांचा भार घातल्याने समतोलन होईल.—

**अनियताकार पदार्थांचा आघात.**—समान वेगाघाताचे दोन अनियताकार पदार्थ सन्मुख दिशेत चालत असतां, एकमेकावर आपटले, तर ते परस्परांचा पुढें जाण्याचा चलनाचा नाश करितात; यामुळे ते दोन पदार्थ स्थिर होतात. त्यांचा आघात होत्ये समयी जर त्यांचे वेगाघात विषम असले, तर आघाताचे पूर्वी जाणा वेगाघात कधी, त्याचे चलनाचा नाश होतो इतकेंच केवळ नाहीं, परंतु मोठ्ये वेगाघाताचे धक्यास अनुसरून त्यास आपले चलनाची दिशाही बदलावी लागत्ये, असें झाल्यावर, जे त्या पदार्थांचे मुळचे वेग असतात त्यांचा अंतरावरोवरचा वेगानें ते दोन पदार्थ एकरूप होऊन चालतात असें कल्पितां येईल. आतां अ आणि ब हे दोन सारखे पदार्थ (आकृति १७) परस्परांकडे येतात आणि अ चा

अ०—————००—————०<sup>ब</sup>..... म      आकृति १७.

वेग ६ आणि ब चा वेग ४ आहे; तर आघातामुळे ब चा सर्व वेग नाहीसा होईल, परंतु अ चा ४ मात्र नाहीसा होईल, आणि बाकीचा २ वेग अ आणि ब यांमध्ये वांटला जाईल; ह्मणजे दोघांचा आंगांत १ वेग येईल, नंतर ब ची दिशा फिरून ते दोघे एकाच दिशेत १ वेगानें ब म दिशेत चालतील.

जर ते अ आणि ब समान वजनाचे पदार्थ एकाच दि-



शेत जात आहेत (आकृति १८) आणि अचा वेग ६ आणि बचा वेग ४ आहे, तर अ जाऊन बला धरील, आणि आघात होत्ये समयी, त्या दोघांचे वेग समान होत इतका आपल्यांतून अ, त्यास वेग देईल; ह्मणून दोन्ही पदार्थ एकाच दिशेत ५ वेगाने चालू होतील; अशाने अचा, १ वेग नाहीसा होऊन बला १ वेग अधिक मिळेल.

अ ○ ————— व ————— ○ ○ . . . . . म आकृति १८.

“विषम परिमाणाचे पदार्थ सम प्रेरणांनीं प्रेरिले असतां त्यांचा आंगीं जे वेग उत्पन्न होतात ते त्यांचा प्रकृति परिमाणांशीं उलट्या प्रमाणांत असतात; याचा अर्थ हाच कीं, जितकें, पदार्थांचें प्रकृति परिमाण अधिक असतें, तितका कमी वेग त्याचा आंगीं येतो. सम प्रेरणांनीं प्रेरित अशा विषम परिमाणाचा पदार्थांचे वेग जरीं विषम असतात, तरीं त्यांचे वेगाघात सम असतात; मार्गें लिहिल्याप्रमाणें, जा वेगानें एकादा पदार्थ चलन पावतो, तो वेग त्या पदार्थाचा वजनानें गुणिला असतां तो गुणाकार त्या पदार्थाचा वेगाघात होतो; यामुळें सम प्रेरणायुक्त विषम पदार्थ जरीं सम वेगानें चालत नाहींत, तथापि जा पदार्थावर त्यांचा आघात होईल, त्यास ते समान प्रेरणा देतील.—

जसें, अ पदार्थांचे

आकृति १९.

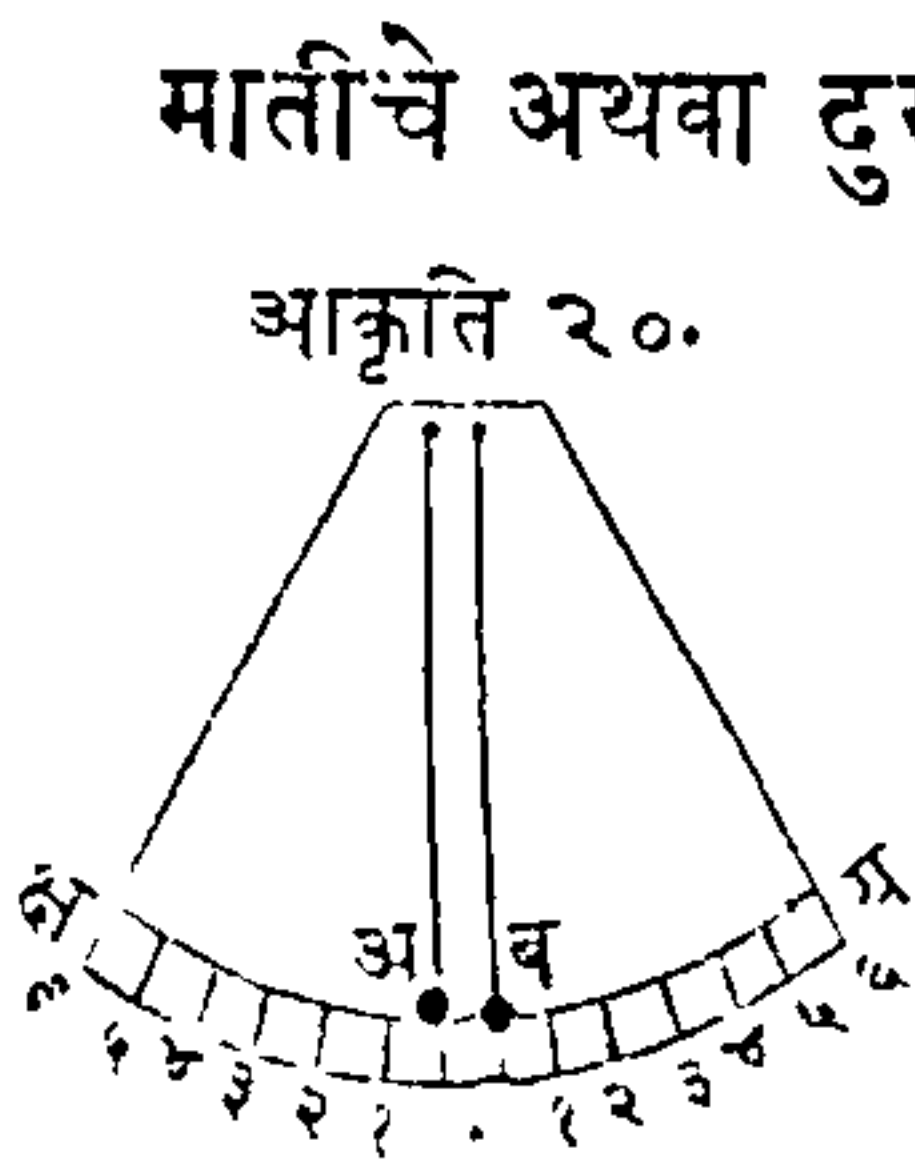
वजन एक तोळा आहे,  
(आकृति १९) आणि

अ ○ ————— व  
क ○ ————— ड

त्यास अ व रेघेंत लोटिला आहे, आणि दुसऱ्या क पदा-

थांचें वजन चार तोळे आहे आणि त्यास क ड रेघेंत वर-  
चा इतक्या प्रेरणेनें लोटिला आहे, तर यावरून उघड दि-  
सतें कीं त्यांचे वेग विषम होतील, ह्मणजे अ चा वजनाहून  
क चें वजन जितकें अधिक आहे, तितका अ चा वेगा-  
हून क चा वेग कमी होईल; क चें वजन अ चा वजनाचा  
चौपट आहे, यामुळें त्याचा वेग चौपट कमी होईल. या-  
वरून सहज लक्षांत येईल कीं जर क पदार्थ फ स्थिर  
पदार्थावर आपटून जितका भार त्यावर घालील तित-  
काच भार अ पदार्थ इ वर आपटला असतांही घालील;  
याचें कारण हें आहे कीं, क चा आंगीं वेग नाही, परंतु  
त्यावदल त्याचा आंगीं अ हून अधिक वजन आहे, आणि  
अ चा आंगीं वजन नाही त्यावदल त्याचे आंगीं क पेक्षां  
अधिक वेग आहे.—

पदार्थांचे आपटण्यांत आघात आणि प्रत्याघात यांची  
समता दाखविण्याचें उदाहरण हें पुढें देतों.



मातीचे अथवा दुसऱ्या कांहीं अनियताकार पदार्थांचे  
अ आणि ब सारख्या आकाराचे  
गोळे (आकृति २०) भाग केले-  
ल्या क्ष य कमाणीचा मध्याशीं  
पोंचत अशा समान लांबीचा दो-  
व्यांनीं ठांगिले आहेत असें मनांत  
आण. जर ते निराले केले, ह्मणजे  
अ एका वाजूवरचा ४ या अंकाजवळ नेला, आणि दुस-  
ऱ्या वाजूचा ४ अंकाजवळ ब नेऊन एका काळींच जर  
ते दोन्ही सोडून दिले, तर ते एकमेकावर समान वेगानें

आपटतील, आणि परस्परांची शक्ति नाहीशी करून, आघात झाल्यावर ते स्थिर होतील. यावरून असे सिद्ध होते कीं, जेव्हां समान आकाराचे पदार्थांचा आंगीं समान वेग असतात तेव्हां त्यांचा आंगीं समान शक्ति असत्ये, कां कीं जर असे नसेल, तर जाचा आंगीं अधिक शक्ति आहे त्याचा गमनदिशेत, त्यांचा आघात झाल्यावर ते दोन गोळे एकत्र होऊन गमन करतील; ही गोष्ट या पुढल्या रितीने सिद्ध करितां येत्ये. अ गोळ्याचें वजन ब चा वजनाचा दुप्पट आहे असे मनांत आण, आणि अ ला ३ या अंकाशीं नेला, आणि ब ला दुसऱ्या वाज्वरचा ६ या अंकाशीं नेला, आणि ते दोन्ही तेथून सोडिले असतां त्यांचे वेग ३ हींस ६ या प्रमाणानें होतील, आणि त्यांचे आकार २ हींस १ या प्रमाणानें आहेत. यामुळे त्यांचा आंगची शक्ति समान होईल; कां कीं अ चा आकार २ आहे आणि त्याचा वेग ३ आहे, या दो-होंचा गुणाकार ६ आहे, आणि ब चा आकार १ आणि त्याचा वेग ६ यांचाही गुणाकार ६ आहे.

पदार्थांचा वेग, आणि वजन या दोहों मिळून त्याचा वेगाघात होतो, ह्मणून हळू वेगानें जाणाऱ्या मोठ्या पदार्थांचें कृत्य, मोठ्या वेगानें जाणारा लहान पदार्थही करू शकेल, हें मागल्या उदाहरणावरून उघड आहे. चर-वीची मेणवती तोफेंतून मारिली असतां मध्यम जाडीचा देवदारी फळ्यांतून पार जाईल; पुष्कळ भारांचें गलबत अगदीं हळू चालत येऊन धक्याशां बांधलेल्या लहानशा होडीचा चूर करील. जर एका गोळ्याचें वजन अर्ध-

औंस आहे, आणि दुसऱ्याचे वजन, छत्तीस पौंड आहे, आणि मोठ्याचा वेगाचा ११५२ पट वेग धाकट्या गोळ्यास आहे, तर लहान गोळा तोफेतून मारिला असतां मोठ्या गोळ्याचे काम करील; कां कीं ११५२ अर्धऔंस, ३६ पौंडांवरोवर आहेत, आणि लहान गोळ्यापेक्षां मोठ्याचे वजन जितके अधिक आहे, तितकेपट त्याचे आंगीं अधिक वेग असावा हें स्पष्ट आहे.

**नियताकार पदार्थांचा आघात.**—जेव्हां दोन केवळ नियताकार पदार्थ एकमेकावर आपटतात, तेव्हां एकाचा दुसऱ्यावर जो प्रत्याघात होतो, तो प्रत्येकास झालेल्या नफ्याचे अथवा तोड्याचे वरोवर असतो; जसें, एक पदार्थ दुसऱ्यास ५ प्रमाणाचा धक्का देतो, तर त्यास दुसऱ्याचा नियताकारत्वामुळे ५ प्रमाणाचा धक्का उलट्या दिशेंत परत मिळतो. अ आणि ब असे दोन समान पदार्थ

आकृति २१.

अ ————— म  
○ ————— ○○

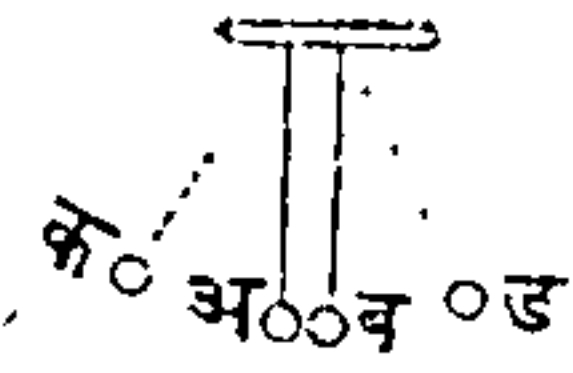
समोरासमोरचा दिशेंत चालतात, (आकृति २१)

अ ५ वेगानें चालतो आणि ब ३ वेगानें चालतो, तर आघात झाल्यावर ३ वेगानें अ परत फिरेल. आणि ५ वेगानें ब परत फिरेल. याचें कारण ब चा वेग ३ आहे ह्मणून आघात होत्येसमयीं ब कडे जाण्याचा अचा ३ वेग नाहींसा झाला; परंतु ब नियताकार पदार्थाचा प्रत्याघातामुळे त्यास सर्व ५ धक्का अ ड दिशेंत पुनः परत मिळतो, तेणेंकरून, आघातानंतर अ चा आंगीं २ वेग बाकी असतो त्यास तो धक्का केवळ नाहींसा करित नाहीं, परंतु त्यास ३ वेगानें परत नेतो.



याचप्रमाणें असें दाखवितां येईल कीं, अ पासून ब ५ वेगानें परतेल; आतां जर ब स्थिर कल्पिला आणि अ त्याजवर ४ वेगानें आपटतो, असें कल्पिलें तर ब पदार्थ ब स्थळापासून म कडे अ चा मुळचा ४ वेगानें जाईल; आणि ब चा आंगां कांहीं वेग नव्हता ह्मणून, अ ला कांहीं मिळणार नाही, यामुळें तो ड स्थळीं स्थिर राहील.

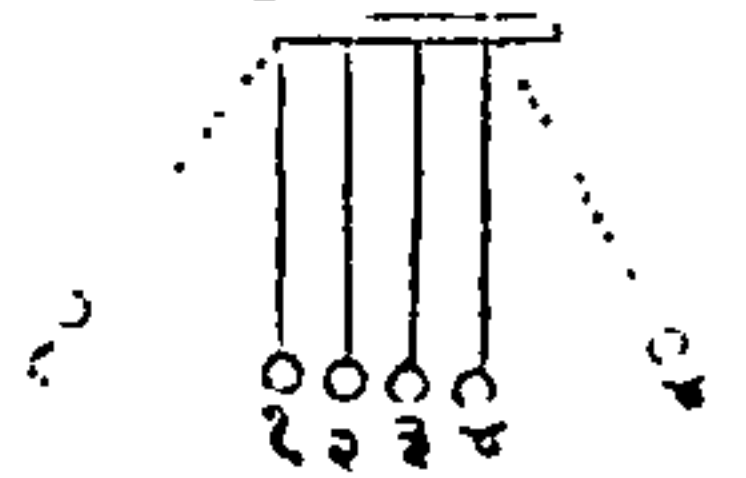
आकृति २२.



समवजनाचे अ आणि ब असे दोन हस्तिदंती गोळे २२ व्ये आकृतीप्रमाणें टांगून, अ गोळा एक बाजूस क जवळ नेऊन ब वर सोडून दिला, तर तो त्यास ड जवळ ह्मणजे, जा अंतरावरून अ पडला त्याचा बरोवरीचा अंतरावर धाडील; परंतु तो आपली चलनशक्ति दुसऱ्यास देऊन आपण अ स्थळीं स्थिर राहील.

जर समान लांबीचा दोऱ्यांनीं समान वजनाचे चार हस्तिदंताचे गोळे टांगिले (आकृति २३) आणि त्यांतून पहिला गोळा एकीकडे करून दुसऱ्या गोळ्यांवर आपटे असा सोडून दिला, तर दुसरा आणि तिसरा गोळा स्थिर राहील, आणि जा वेगानें पहिला गोळा दुसऱ्या गोळ्यावर, आपटला, त्या वेगानें चवथा गोळा उडेल. यापक्षां पहिल्याचें चलन ह्मणजे चलनशक्ति मधल्या दोन गोळ्यांतून चवथ्यास प्राप्त होय, त्या चवथ्यास कांहीं प्रतिबंध नव्हता ह्मणून त्यावर सर्व प्रेरणा घडये. कितीही गोळे टांगिले तरी याचप्रमाणें होईल.

आकृति २३.





## अध्याय ४.

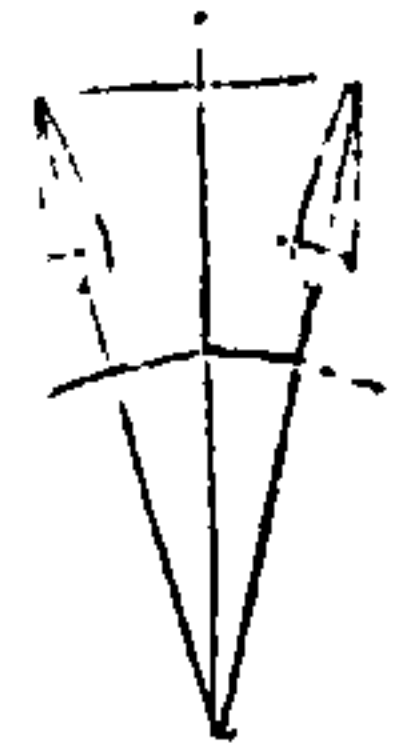
### गुरुत्वाविषयीं.

सर्व पदार्थ निराधार सोडिले असतां त्यांस पृथ्वीचा किंवा दुसऱ्या कांहीं पदार्थाचा आधार मिळेपर्यंत ते पडतात. हा चमत्कार पृथ्वीचा सपाटीवर, आणि तिजवरील सर्व अतिउच्च प्रदेशीं आणि अधःप्रदेशीं घडतो ; ही गोष्ट मेघांपासून पाऊस आणि गारा यांचा पतनानें, आणि एकाद्या अतिशय ओंड खाड्यांत दगड टाकिल्यानें दृष्टीस पडले. प्रकृति स्वभावतः जड ह्मणून ती स्वतः चलन पावण्यास समर्थ नाही, यामुळे पृथ्वीवर पतन पावण्यास तिचा आंगां कांहीं शक्ति नाही ; यावरून पदार्थाचे पतनास वास्तविक कारण कांहीं प्रेरणा असावी ; त्या प्रेरणेस गुरुत्व ह्मणतात. यावरून पदार्थाचे पतन जा प्रेरणेनें घडतें ती गुरुत्व प्रेरणा आहे ; गुरुत्व प्रेरणेपासून याशिवाय दुसरी कांहीं कार्यें होत नाहींत अशी जर कल्पना केली तर, या व्याख्यानापासून गुरुत्वाचा शक्तीचा केवळ अपूर्ण बोध होईल, कां कीं त्या प्रेरणेपासून पुष्कळ चमत्कार आणि पुष्कळ प्रकारचीं चलनें उत्पन्न होतात. यास दृष्टांत, नद्यांचें वाहणें आणि प्रवाही पदार्थांत हलक्या पदार्थांचें वर येणें हों, जास आपण गुरुत्व ह्मणतो, त्याचींच फळे आहेत. धूर कधीं कधीं हवेत फार उच्च स्थानां असें दिसतें, याचे कारण, जा पदार्थांतून त्याचे गमन होतें, त्याचेच प्रेरणेनें केवळ तो वर जातो, कां कीं आपल्या आकारपरि-

माण्डा इतके हवेचे अंश खालीं दावल्यावांचून किंवा दूर केल्यावांचून त्याचानें वर चढवत नाहीं.—

यावरून सर्व पदार्थ पृथ्वीवर पडतात; आणि वजन ह्मणून जें काय आहे त्याचें कारण तेंच आहे, यावरून वजन ह्मणजे पदार्थाचा पृथ्वीचा दिशेकडील भार; प्रत्येक पदार्थ दुसऱ्या पदार्थावर ठेविला असतां तो आपला भार त्यावर घालितो; जर हातावर दगड आहे, तर दगडाचा जो भार, हातावर आहे, त्यास दगडाचें वजन ह्मणतात; सर्व पदार्थ निराधार सोडले असतां पृथ्वीवर पडतात, ह्मणून ते सर्व पदार्थ वजनानें युक्त ह्मणजे भारी आहेत.

गुरुत्वाकर्षण सर्व पदार्थांस पृथ्वीचा मध्याकडे ओढितें, ह्मणून दोन पतन पावणारे पदार्थ परस्परांशीं समांतर दिशेंत पडणार नाहीत; कांकीं जा दोन रेषा एका बिंदूशीं मिळतात त्या समांतर होऊं शकत नाहीत; यामुळे जे सर्व पदार्थ गुरुत्वप्रेरणेचा स्वाधीन असतात, ते पदार्थ त्यांचा खालचा समपातळीवरल्या लंबापासून कांहींसे दूर पडतील. जर २४ व्या आकृती-आकृति २४. प्रमाणें एक तराजू केली ती अशी कीं जा गोलाचा मध्याकडे तिचीं पारडीं आकर्षिलीं जातात, त्या गोलाशीं ती तराजू कोणत्याहि प्रमाणांत असेल, आणि जा ठिकाणापासून तीं पारडीं टांगलीं आहेत तेथून त्या गोलाचा मध्याकडे रेषा मारिल्या, तर तीं पारडीं लंबापासून किंचित् दूर जातील हें उघड आहे. परंतु जे पदार्थ अनुभव

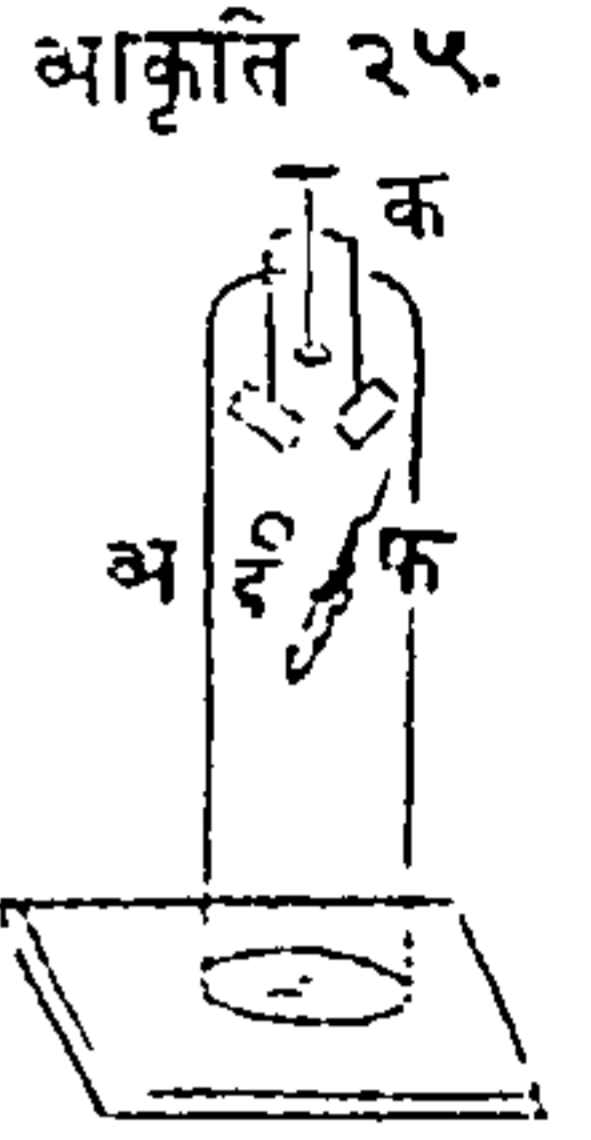


दाखविण्याकरितां घेतों, त्यांचे आकार पृथ्वीचा आकाराबरोबर ताडून पाहिले असतां त्यांचा तिर्यक्पणा इंद्रियगोचर होत नाहीं.—

पतन पावणाऱ्या पदार्थाविषयीं.—एका स्थळापासून जड आणि हलके पदार्थ पडतांना पाहिले असतां, त्यांचे पतनाचे निरनिराळे वेग आपल्यास दिसतात ; पहा वरें ! शिसें फार त्वरेनें पडते, आणि कागद फार सावकास पडतो ; ही गोष्ट त्या दोन पदार्थांचा भिन्न भिन्न वजनामुळे होऊं शकणार नाहीं, कां कीं पदार्थांचा आंगाजसें वर चढण्याचें सामर्थ्य नाहीं, तसेंच त्यांचा आंगां खालीं पडण्याचेंही सामर्थ्य नाहीं, ह्मणून पदार्थ कांहीं औपाधिक प्रेरणेवांचून पतन पावणार नाहींत, आणि ती प्रेरणा पदार्थांचा प्रकृतिपरिमाणाशीं प्रमाणानें असली पाहिजे ; आणि जापेक्षां पदार्थांचा सर्व अवयवांवर गुरुत्वप्रेरणा सारखीच असत्ये, त्यापेक्षां कांहीं प्रतिबंधक कारण नसेल तर त्या अवयवांचा भूमीवर पतन पावण्याचा काळांत कांहीं अंतर पडणार नाहीं, या कालांतरानें पतनाचें कारण हवेचा प्रतिबंध आहे, आणि ती प्रतिबंधकता शिशापेक्षां कागदावर अधिक आहे ; असें असतांही जर कागद गुंडाळून गोळा केला, तर हवेचा व्यापारास थोडा प्रदेश मिळेल, ह्मणून त्यास हवेचा प्रतिबंध पूर्वीपेक्षां थोडा होऊन, तो अधिक त्वरेनें पतन पावेल.

जर पतन पावणाऱ्या पदार्थांचा खऱ्या चलनाविषयी निश्चय करणें आहे, तर वायु, पाणी इत्यादि प्रतिबंधक आणि गुरुत्वप्रेरणावरोधक पदार्थ नाहींत अशा स्थलांत

त्यांचें पतन पाहावें हें अवश्य आहे. जेव्हां पदार्थांस हवेचा प्रतिबंध नसतो तेव्हां रूप्या आणि पीस यांचा कृतीवरून पदार्थांचें पतन चांगल्या तऱ्हेने दाखवितां येतें. अ एक कांचेचें पात्र आहे, (आकृति २५) त्याजवर वायूचा प्रवेश न होऊं देणारें असें एक पितळेचें झांकण आहे; एक तारेचा क तुकडा वारा न जाऊं देई असा त्या झांकणांतून जाऊन एका पातळ लहान तुकड्यास उचलून आडवा धरितो, जो तुकडा ती तार फिरविली असतां खालीं लोंबत राहतो; त्या पातळ तुकड्यावर इ एक रूप्या आणि फ एक पीस हीं दोन ठेव; नंतर वाताकर्षक यंत्रानें त्या पात्रांतील वायु काढून टाक, आणि तो तुकडा पडे अशा रीतीनें ती तार फिरव; असें केल्यानें त्या दोनही वस्तु पात्राचा बुडाशीं एकदांच येऊन पडतील. त्या पात्रांत थोडासा वायु घेतला असतां या कृतींत कांहींसा फेर होईल; ह्मणजे त्या दोन पदार्थांचे पतनांत कांहीं अंतर दिसून येईल; ह्मणजे रूप्यापेक्षां पीस सावकास पडेल, जर अधिक वायु आंत येऊं दिल्या तर पिसाचें पतन अधिक सावकाश होईल, आणि याप्रमाणें पुढेही; जर वायूनें तें पात्र पूर्ण भरिलें तर पिसाचें पतन मोकळ्या हवेतल्या पतनासारखेंच होईल.



यावरून असें दिसतें कीं, जेव्हां गुरुत्वाचा व्यापार मोकळेपणानें घडतो, ह्मणजे प्रतिबंधावांचून घडतो, तेव्हां पदार्थांचीं वजनं कशींही असोत आणि त्यांचा प्रकृत्यंशांचा

जाती कशाही असोत, तथापि सर्व पदार्थांवर गुरुत्वाचा व्यापार समान शक्तीने घडतो. यावरून निर्वात स्थलांत सोन्याचा वर्ख अथवा कागदाचा तुकडा इत्यादि हलक्या पदार्थांपेक्षां शंभर शेर वजनाचा सोन्याचा गोळा असला तरी तो लवकर पडणार नाही.

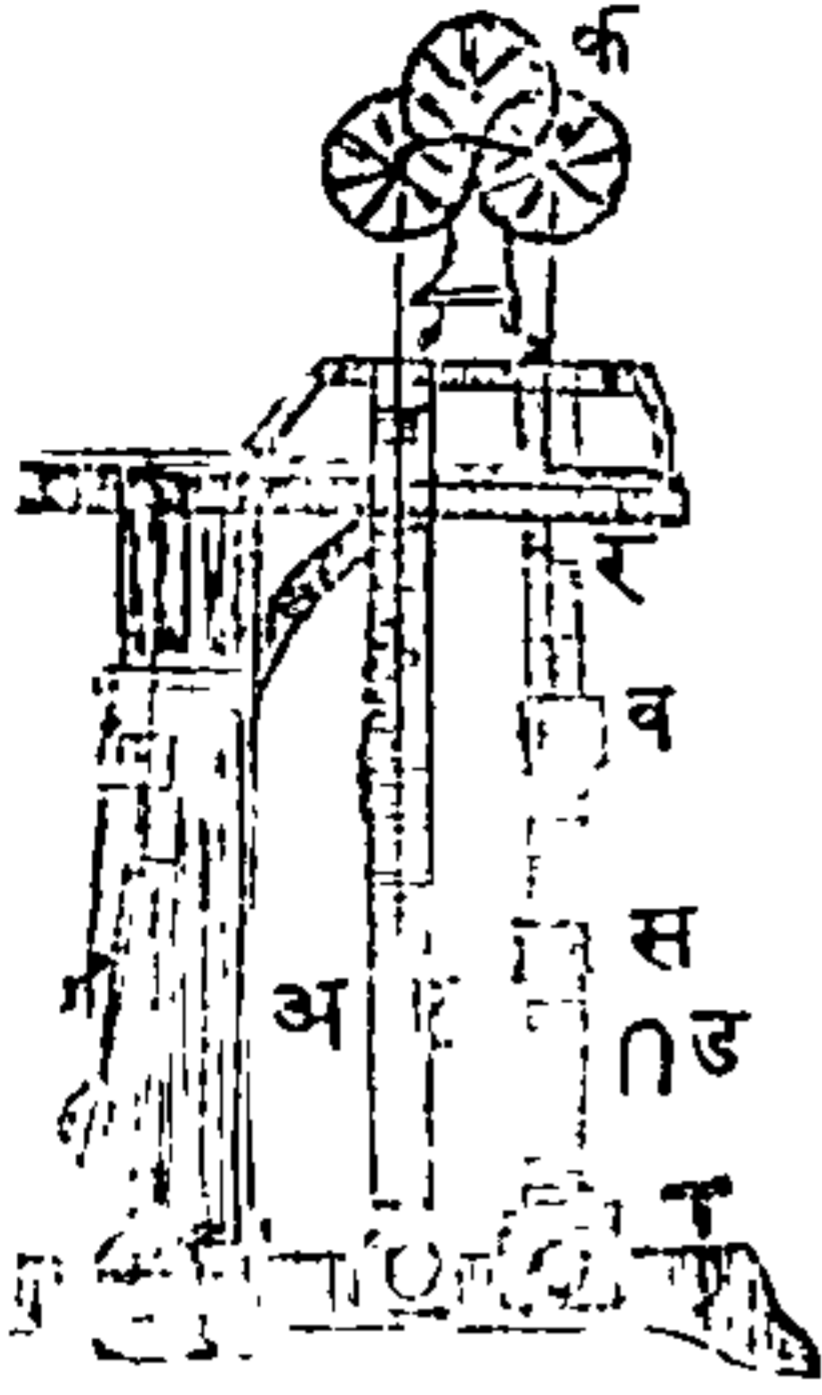
वस्तुतः सर्व पदार्थ एकाच वेगाने पडतात असें वर दाखविलें, आतां सर्व जातीचा पदार्थांचें पतन जा साधारण वेगाने घडतें, तो वेग कसा आहे हें सांगतों. जर एक शिशाची गोळी उंच बुरुजावरून सोडून दिली, तर गुरुत्व प्रेरणेचा योगाने तिचा आंगीं एकादां चलन उत्पन्न झालें असतां, त्याचा योगाने ती गोळी पडत राहिल; आणि सोडून दिल्यावर जर तें पतनकारण दूर केलें, तरीही ती गोळी पडत राहिल; यास उदाहरण, जेव्हां ती गोळी अर्ध्या बुरुजापर्यंत येथे, त्या समयां जर तिचें गुरुत्व नाहीसें करवेल, तर जा दिशेंत प्रथम तीस प्रेरणा घडली असथे, त्याच दिशेंत ती गोळी प्रथमचलननियमाप्रमाणें पडत राहिल; जसें एकादा दगड जा दिशेंत उडविला असतो, तो दुसऱ्या कांहीं नव्ये प्रेरणेवांचून त्याच दिशेंत चालत असतो. गुरुत्वप्रेरणेचा व्यापार अगदीं नाहीसा होत नाही, यामुळे जसजशी ती गोळी प्रत्येक इंच पडत जाथे तसतसें तिचा आंगीं अधिक चलन येतें. जर एक सेकंदांत ती गोळी सोळा फुटी आणि एक इंच इतक्ये स्थळांतून पडथे, तर तिला दुसऱ्या सेकंदांत पहिल्या अंतराचे तिप्पट स्थळांतून नेई इतका वेग तिचा आंगीं उत्पन्न होतो, तिसऱ्या सेकंदांत पांचपट,



चवथ्या सेकंदांत सातपट, पांचव्यांत नऊपट स्थळांतून नेई इतका वेग येतो. पदार्थाचा वर्धमान चलनाचें आणि जमीनिविर पडत्येसमयीं वाढलेल्या वेगाघाताचें हें वर लिहिलेलें कारण आहे. अशा रीतीनें पदार्थास पडण्यास जो काळ लागतो त्याची गणना सहज करितां येत्ये; कारण, जर तो पदार्थ आपल्या पतनकाळाचा पहिल्या सेकंदांत कांहीं स्थळांतून पडतो, तर तो पहिल्या दोन सेकंदांत त्या स्थळाचा चौपट स्थळांतून पडेल, पहिल्या तीन सेकंदांत नऊपट स्थळांतून, पहिल्या चार सेकंदांत सोळापट स्थळांतून पडेल, आणि या प्रमाणानें पुढेंही. यावरून जर कांहीं सांगितलेल्या सेकंदांत जा स्थळांतून पदार्थाचें पतन घडेल तें स्थळ काढणें असेल तर, पहिल्या सेकंदांत जा अवकाशांतून त्याचें पतन घडतें, त्यास पतनकाळांतील सेकंदांचा वर्गानें गुणावें, तो गुणाकार शिच्छलें स्थळपरिमाण होईल.

**समवर्धमान चलन.**— स्थिरपदार्थ गुरुत्वप्रेरणेनें जेव्हां खालीं पडतो, तेव्हां जोंपर्यंत त्याचें पतन अवरोधावांचून घडतें तोंपर्यंत त्याचा वेग वाढत जातो, असें वर दाखविलें. आतां जे पदार्थ मोकळेपणानें पडतात त्यांचें चलन इतकें त्वरित असतें कीं, तें पुरतेपणीं लक्षांत येत नाहीं; याजकरितां वर्धमान नियमांत कांहीं अंतर न पडतां पदार्थांचा वेग दृष्टीस येण्याजोगा कधी व्हावा अशी कांहीं युक्ति पाहिजे. तशा युक्ति अनेक आहेत, त्यांतील प्रथम,

आकृति २६.



एका गुळगुळीत उतरणीवरून पदार्थ जाऊं दिल्यानें तसें घडतें, त्या उतरणीचा उतार असा असावा कीं तिजवरून जातांना पदार्थाचा वेग पुरतेपणीं ध्यानांत यावा; अथवा आन्वुड साहेबानें योजिलेल्या यंत्रानें तसें घडतें. त्या यंत्रांत वाजूवरील २६ व्या आकृतीप्रमाणें एक उभा खांब आहे; अ आणि ब हीं दोन वजनें सारख्याच आकाराचीं आणि समान वजनाचीं आहेत, आणि तीं एका वरीक रेशिमाचा दोरीचा शेवटांस बांधून ती दोरी क कप्पीवरून अथवा चाक्रावरून सोडिलेली आहे. या कप्पीचा आंस घर्षणचक्रावर आहे, यामुळें दृष्टीस येण्याजोगें घर्षण अगदीं नसतें. र एक कडी आहे, जींतून ब वजन जातें, आणि स पट्टी आहे तिजवर तें वजन पडत असतां येऊन बसतें. ती कडी आणि पट्टी हीं दोन्हीं खालीं वर सरतात, यामुळें तीं मळसूत्रांचा योगानें हवीं तेथे बसवितां येतात. त्या उभ्या खांबावर भागप्रमाणें मांडिलीं आहेत; ड एक धातूची लवविलेली सळई आहे, तिची लांबी र कडीचा व्यासापेक्षां अधिक आहे. जेव्हां या यंत्राचा उपयोग करायाचा असतो, तेव्हां ब वजन खांबाचा टोंकाशीं नेतात, नंतर ती कडी आणि स पट्टी हीं दोन्हीं कांहीं इंच अंतरानें बसवितात; नंतर ब वजनावर ड सळई ठेवितात तेणेंकरून तें खालीं येऊं लागतें; जेव्हां तें वजन

र कडीपर्यंत येतें तेव्हां त्याजवरील लहान वजन ड त्या कडीवर राहतें, यामुळें अ आणि ब हीं वजनें परस्परांशीं समान होतात. यावरून हेंच लक्ष्यांत ठेविलें पाहिजे कीं, व वजन र कडीजवळ येईपर्यंत त्याचे चलनास आणि खालीं पडण्यास केवळ ड वजनाचें गुरुत्व कारण आहे, आणि त्या कडीशीं आल्यावर गुरुत्वाचा व्यापार जरी वंद होतो, तरी या काळांत जो वेग ब वजनाचा आंगीं आला असतो, त्याचा योगानें तें वजन पटीशीं येऊन पोंचतें, या यंत्राचा खरेपणाचें ज्ञान होण्यासाठीं अशी कल्पना केली पाहिजे कीं, पतन पावणारे पदार्थ लहान किंवा मोठे असोत, तथापि त्याचे वेग बरोबर असताहेत असें मानितात, आणि जेव्हां हवेचा प्रतिबंध गणित नाहींत तेव्हां ही बरची गोष्ट घडले असें मानितात. या कारणास्तव मोळ्ये व वजनावर ठेविलेलें ड वजन इतर सर्व पतन पावणाऱ्या पदार्थांचें उदाहरण आहे. मोकळेपणानें पडणाऱ्या पदार्थांशीं मिळवून पाहिलें असतां ब वजनाचें हळू पडणें हें त्याचें चलन केवळ सूक्ष्मपणानें मोजण्यास साधक आहे; कारण पतन पावणाऱ्या पदार्थांचा खऱ्या वेगाचें अनुमान व्हावें हा या यंत्राचा उद्देश नाहीं, परंतु वेगाचे वाढीचे प्रमाणाचें अनुमान व्हावें इतका मात्र याचा उपयोग आहे. यावरून हें सहज लक्ष्यांत येईल कीं, इतर पतन पावणाऱ्या पदार्थांचा पतन नियमांस अनुसरून पदार्थांचें पतन कितीही हळू असो तथापि त्यापासून कांहीं अंतर पडत नाहीं; आणि पतन काळांचा पहिल्या सेकंदांत जितकें पदार्थांचें पतन घडतें,

त्या अंतरावरून सर्व अटकळी केल्या आहेत असें वर सांगितलें. तर यावरून असा निर्णय करितां येतो कीं, पहिल्या सेकंदांत पदार्थ किती खालीं येतो हें माहित असून पहिल्या सेकंदांतील पतनापेक्षां दुसऱ्या, तिसऱ्या, चवथ्या, अथवा पांचव्या सेकंदांत त्याचें पतन किती त्वरित होतें हें जर बरोबर कळेल, तर पुढल्या सर्व सेकंदांत जा स्थळांतून तो पदार्थ पडेल त्याचें अनुमान करितां येईल. तेव्हां जर व वजन पहिल्या सेकंदांत कांहीं इंच पडतें, दुसऱ्या सेकंदांत दुसरे कांहीं इंच पडतें आणि याप्रमाणें पुढेही होतें, असें घड्याळाचे सेकंद वाजविणाऱ्या आंदोलकाचा सहायाने कळून आलें, तर वाढलेल्या पतनाचें प्रमाण बरोबर काढितां येईल, आणि तें प्रमाण दुसऱ्या पदार्थाचा पतनास सहज लावितां येईल; इतकाच या यंत्राचा उपयोग आहे. गुरुत्वप्रेरणेपासून पतन पावणाऱ्या पदार्थास किती वेग मिळतो, आणि प्राप्त झालेल्या वेगापासून किती वेग मिळतो हेहा या यंत्रानें समजतें; कां कीं गुरुत्वप्रेरणा पडणाऱ्या वजनास कडीजवळ येईपर्यंत मात्र चलन देत्ये, त्यानंतर पूर्वीचा मिळालेल्या वेगानें त्यापुढें त्याचें चलन होतें.

या यंत्राचा सहायानें जा कृति करून पाहिल्या आहेत, त्यांजवरून असें स्थापिलें आहे कीं पतन पावणाऱ्या पदार्थाचा काळाचे बरोबर भाग केले, जर सेकंद केले, तर प्रत्येक निरनिराळ्या सेकंदांत जा स्थळांतून पदार्थांचें पतन घडेल तीं स्थळे १, ३, ५, ७, ९, इत्यादि विषम अंकांप्रमाणें होतील. हें स्पष्ट होण्यासाठीं मनांत आण

कीं एका पदार्थास पडण्यास १, २, ३ आणि ४ सेकंद काळ लागला, तर या सेकंदांत ह्मणजे काळांत जा स्थळांतून पतन घडलें तीं स्थळे त्या अंकांचा वर्गाविरोवर आहेत, ह्मणजे १, ४, ९, आणि १६ यांविरोवर आहेत ; कारण १ हा एकाचा वर्ग आहे, ४ हा २ हांचा वर्ग आहे, ९ हा तिहींचा वर्ग आहे, आणि याप्रमाणें पुढेंही. आतां जर दुसऱ्या सेकंदांत किती स्थळांतून पतन घडलें तें काढायचें असेल तर, एक सेकंदाचें १ स्थळ, दोन सेकंदाचा ४ स्थळांतून वजा करावें ह्मणजे बाकी ३ हें इच्छिलें अंतर होईल ; तिसऱ्यांतील अंतर काढणें असल्यास, ९ यांतून ४ वजा करावे, ह्मणजे बाकी ५ हें अंतर होईल ; चवथ्यांतील काढणें असल्यास, १६ यांतून ९ वजा करावे ह्मणजे बाकी ७ हें अंतर होईल ; आणि याप्रमाणें पुढेंही. यावरून पहिल्या सेकंदांत पदार्थ कांहीं अंतरांतून पडतो, दुसऱ्या सेकंदांत त्याचा तिप्पट अंतरांतून पडतो ; तिसऱ्या सेकंदांत त्याच अंतराचा पांचपट अंतरांतून पडतो ; चवथ्या सेकंदांत, त्याच अंतराचा सातपट अंतरांतून पडतो ; आणि याचप्रमाणें पुढेंही पडत जातो.

गुरुत्वाचा व्यापार सर्व पदार्थांवर सर्वकाळ घडतो, आणि तो व्यापार पदार्थ स्थिर अथवा चालत असतांही तसाच असतो, ही गोष्ट पतन पावणाऱ्या पदार्थांचा वेगांवरून स्पष्ट होय, जे वेग पदार्थांचा सर्व पतनमार्गांत समान वाढत जातात. जर एकादी प्रेरणा पदार्थांवर निरंतर आणि समतेनें घडत आहे, तर त्या पदार्थांचा



वेग समवर्धमान होत जाईल, हें पुढील विचारावरून स्पष्ट होईल.

मनांत आण कीं एक अ पदार्थ गुरुत्वप्रेरगेचा योगानें चालू आहे, तेव्हां त्याचा वेग १ आहे, तर पुनः त्यावर तीच प्रेरणा दुसऱ्यानें घडली असतां त्याचा आंगां पहिल्या इतकाच वेग उत्पन्न होईल. यावरून तो पदार्थ २ वेगानें चालेल, आणि तिसऱ्या वेळीं ३ वेगानें जाईल, कारण कीं पूर्वीचे वेग नंतरचा प्रेरणांचा आघातांनीं कधी होत नाहींत; यावरून असा निर्णय होतो कीं, जर आघात बरोबर आहेत आणि ते समकालांतरानें होतात, तर पदार्थाचें चलन समवर्धमान होईल आणि त्याचा वेग काळांशीं प्रमाणांत होईल; ह्मणून जर एक पदार्थ कांहीं वेळपर्यंत समवेगानें चलत आहे, तर जा स्थळांतून त्याचें गमन होईल, तें स्थळ, त्याचा गमन काळ आणि त्याचा वेग यांशीं प्रमाणांत होईल. एका पदार्थाचा गमनकाळ दाखविण्यासाठीं बाजूवरील समांतरबाजूचौकोनाची एक बाजू घे. (आकृति २७.) आणि जा समवेगानें तो चालतो, तो वेग दाखविण्यास त्याची दुसरी बाजू घे, तर त्या काळांत जा स्थळांतून गमन घडतें, तें स्थळ तो सर्व समांतरबाजूचौकोन दाखवील.

आकृति २७.

अ		फ
ब		ग
क		ह
ड		म
इ		ल

अ इ रेघ, ब, क, ड, इत्यादि सवभागांत विभाग, आणि या विंदूंपासून, अ फ, ब ग, क ह, इत्यादि साठ्ठिख्या रेघा मार, तर अ ब, ब क, क ड, इत्यादि

अनुक्रमे काळाचे सम भाग दाखवितील, आणि जा सम-वेगाने पदार्थांचे गमन होतें, तो वेग अ फ, ब ग, क ह, इत्यादि रेखा दाखवितील; यावरून त्या समकाळांशांत जा स्थळांतून गमन झालें, तीं स्थळे अ ग, ब ह, क म, इत्यादि समांतरवाजूचौकोन दाखवितील, आणि अइ रेघेने दाखविल्या काळांत क्रमिलेले सर्व स्थळ, अ फ ल इ, समांतरवाजूचौकोन दाखविले. पुनः कल्पना कर कीं, अ ब, ब क, क ड, इत्यादि रेखांनी दाखविलेल्या सम-काळभागांत, एक पदार्थ समगतीने चालत आहे, (आकृति २८) परंतु प्रत्येक काळभागाचे शेवटीं त्यास अधिक वेग प्राप्त होतो; उदाहरण, जा वेळांत तो अ पासून ब जवळ येतो त्या वेळांत तो अ फ, रेघेने दर्शविलेल्या वेगाने चालतो; जा वेळांत तो ब पासून क जवळ येतो तेव्हांचा वेग दाखविण्यास ब ह रेघ घे. जर हे निरनिराळे समांतरवाजूचौकोन पुरे केले तर, अ ब काळांतील स्थळ, अ ग, समांतरवाजूचौकोन दाखविले; ब क काळांतील सर्व स्थळ ब म समांतरवाजूचौकोन दाखविले, आणि याप्रमाणे पुढेही.—

आकृति २८.

अ		फ
ब		ग ह
क		म ल
ड		न म
इ		य

विहिरी, खोल स्थळे इत्यादिकांची खोली काढण्याचा व्यवहारी कामास पतनाचे नियम लावले असतां, ते मोठे उपयोगी आहेत असे दाखवितां येईल. जर एकाद्या विहिरींत दगड सोडून देऊन त्यास तळीं पोंचण्यास कि-

ती वेळ लागतो हे पुरतेपणीं समजले तर वर लिहिलेल्या कारणावरून त्या विहिरीची खोली काढितां येईल. मनांत आण कीं दगड विहिरीचा तळीं चार सेकंदांत पोंचला.

तर पहिल्या सेकंदांत तो १६ फुटी पडला असावा,  
दुसऱ्या सेकंदांत त्याचे तिप्पट ह्यणजे ४८ फुटी,  
तिसऱ्यांत पांचपट ह्यणजे ८० फुटी,  
चवथ्यांत सातपट ह्यणजे ११२ फुटी,

यावरून विहिरीची सर्व खोली २५६ फुटी असावी.

ही पुढील रीती स्मरणांत ठेवण्यास फार सुलभ आहे, आणि तिचा योगानें हे वरचें उत्तर येईल; जसे काळाचे वर्ग वाढत जातात, तशीं पतन पावणाच्या पदार्थांचां पतन स्थळें वाढत जातात. यावरून जापेक्षां दगडास विहिरीचा तळाशीं पोंचण्यास चार सेकंद लागतात, त्या सेकंदांचा वर्ग १६ आहे; आणि पहिल्या सेकंदांत १६ फुटीतून दगड पडला, त्या १६ नीं त्या वर्गास गुणिलें असतां उत्तर पूर्वप्रमाणेंच येईल, ह्यणजे  $१६ \times १६ = २५६$  फुटी होतील.—

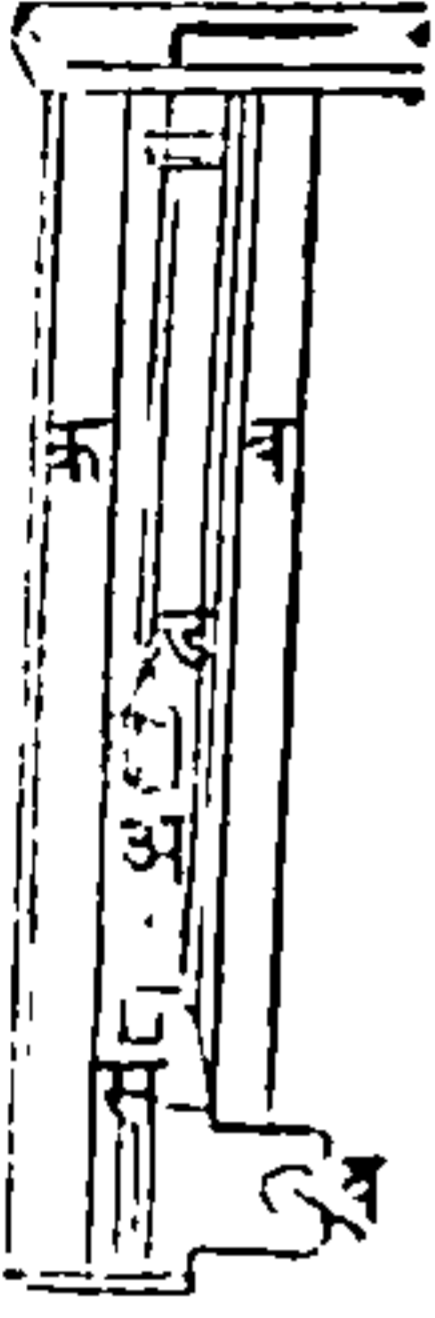
उभ्या कळ्यापासून सुटलेला दगड, प्रथम हळू हळू पडूं लागतो, परंतु तो जसजसा खालीं जातो तसतसें त्याचें गमन वाढत्या वेगानें होतें आणि प्रतिक्षणीं त्याचा आंगीं अधिक वेग आणि वेगाघात हीं येतात, शेवटीं त्याचा आंगीं इतकी शक्ति येत्ये कीं, जें काहीं त्यास प्रतिबंध करूं पहातें, त्यास तो आपल्या वरोबर घेऊन जातो.

मध्य गुळाची राव इत्यादि घट्ट पदार्थ उंच ठिकाणावरून ओतले असतां, पतन पावणाच्या पदार्थांचा वेग वा-

ढण्याचें कारण दाखवितां येईल ; जर पडण्याचें ठिकाण फार उंच असलें तर भांड्यांतून पडतांना जा धारेची जाडी सुमारें दोन इंच व्यासाची असत्ये, ती दुसऱ्ये भांड्यांत पडत्ये समयां वारोक दोरोसारिखी होत्ये ; परंतु जितका तिचा जाडेपणा कमी होतो तितका तिचा आंगां वेग अधिक येतो, कां कीं जा पात्रांत ती ओतायाची असत्ये तें पात्र अति त्वरेनें भरतें. कोणी एक पुरुषानें खुरचीवरून उडी मारिली तर त्यास कांहीं दुःख होत नाहीं, जर त्याणें उंच खिडकींतून उडी टाकिली तर कदाचित् त्याचें हाड मोडेल, आणि जर त्यापेक्षां एका उंच घराचा टोंकावरून उडी मारिली तर, जर्मनीस पोंचल्याचे पूर्वी त्याचा आंगां इतका वेग येईल कीं, पडल्यावर त्याचा शरिराचा चुरा होईल.

प्राचीन लोक युद्धोपयोगी मेषमुखयंत्र कामांत आणित असत, तें यंत्र शक्तिसंचय करण्याचें एक उदाहरण आहे, त्या यंत्रांत एका मोठ्या लांकडाचा टोंकास पितळ किंवा लोखंड बसवून, तें लांकूड मागें पुढें लोटतां येईल, अशा तऱ्हेनें उंच स्थानापासून टांगित असत; नंतर पुष्कळ मनुष्ये लागून त्यास हलवीत, आणि जेव्हां त्याचा आंगां थोडासा वेग येई तेव्हां, त्यास शहराचा भिंती किंवा तटबंदी यांवर सोडून देत, आणि या योगानें तीं पाडीत असत. पतन पावणाऱ्यां पदार्थांचा वेग गुरुत्वाचा योगानें जसा उभ्या दिशेंत वाढतो, तसा मनुष्यांचा योगानें ह्या यंत्राचा वेग आडव्या दिशेंत वाढवित असत.

लांकडाचे सोंटे जमीनींत पुरण्याचें यंत्र, अधःप्रदेशीं  
आकृति २९. अथवा उभ्या दिशेंत शक्तिसंचय करण्या वि-  
षयींचें उदाहरण आहे.

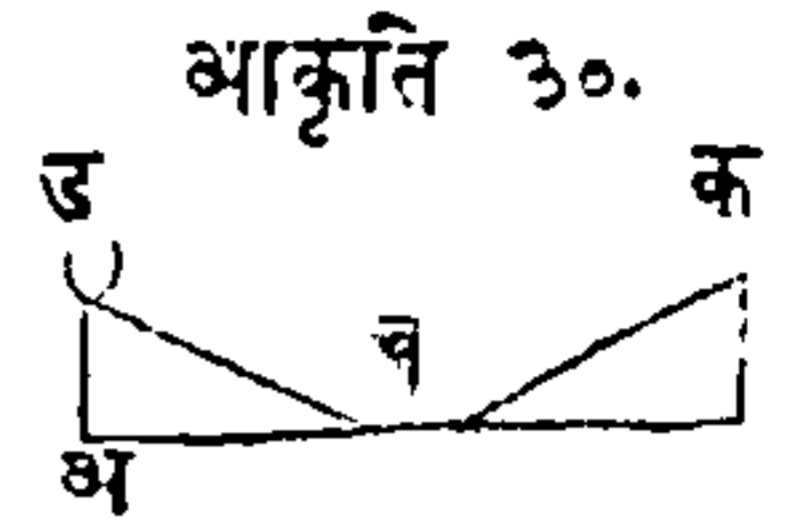


त्यांत एक कठिण लांकडाचा जड तुकडा असतो, तो (आकृति २९) अ आहे; त्यास मोगर असें ह्मणावें, क आणि व, खांबांत तो खालीं वर सरतो. जेव्हां एकादा सोटा जमीनींत पुरावयाचा असतो, तेव्हां व चक्रास जो दोर गुंडाळिलेला असतो, त्याणें त्या मोगरास खांबांचा टोंकाजवळ नेतात, आणि कांहीं सोप्या युक्तीनें त्यास ड आंकड्यापासून सोडवितात, तेंणेंकरून तो खालचा स सोड्यावर येऊन पडतो. मनांत आण कीं, मोगराचें वजन ५०० शेर आहे, आणि तो दर सेकंदांत ८ फुटीप्रमाणें पडतो, यामुळें प्रकृतिपरिमाण आणि वेग यांचा गुणाकार, ह्मणजे  $५०० \times ८ = ४०००$  या वेगाघातानें तो मोगर पडेल; आणि त्याचा पडण्याचें स्थान जसें उंच असेल तसा त्याचा आंगीं वेगाघात ह्मणजे सोड्यावर आपटण्याची शक्ति अधिक येईल.—

जड पदार्थ पडत असतां जसे त्यांचे वेग सारखे वाढत जातात, तसे ते चढत असतां त्यांचे वेग सारखे क्षीण होत जातात. जसें बुरुजावरून दगड पडला असतां जमीनीस पोच्ये समयीं जितका वेग त्याचे आंगीं येतो तितका वेग त्या दगडास वर उडविले समयीं दिला पा-

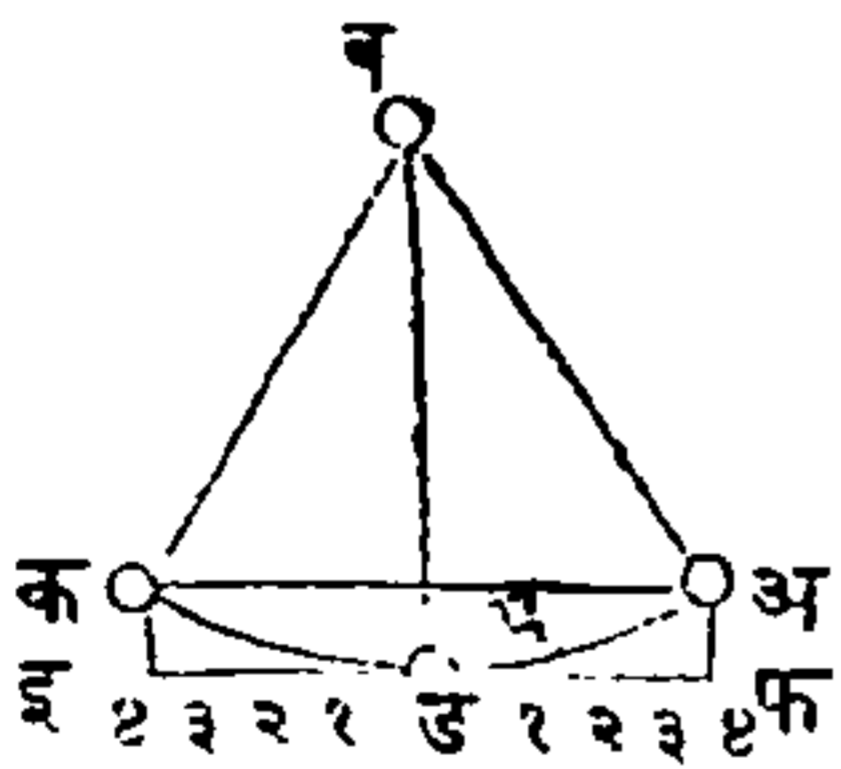


हिजे. ३० व्या आकृतीतील ड पदार्थास अ उतरणीवरून ब जवळ येण्यास जो काळ लागतो, त्या काळांत क स्थळाजवळ पोचण्याचा वेग त्याचा आंगीं येतो, ती क उतरणही त्याच उंचीची असावी; आणि त्या दोन्ही उतरणी फारच गुळगुळीत असल्या, आणि हवेचा कांहीं प्रतिबंध नसला, तर तो पदार्थ क पर्यंत निखालस चढेल. घडियाळाचा आंदोलक करण्यास आधार हेंच कारण आहे.—



आंदोलक ह्मणजे एक गोळा दोरीचा अथवा तारेचा टोंकास बांधलेला असतो; जर तो गोळा अ पासून पडूं दिला तर तो ड जवळ जाऊन पडेल. आणि पडल्याने

आकृति ३१.



जो वेग त्याचा आंगीं येतो तेणेंकरून तो क जवळ जाईल. ह्मणजे अ जा उंचीवरून ड जवळ पडला, तितक्याच उंचीपर्यंत तो चढेल. या कृतीस झोंकेखाणें ह्मणतात; आणि जर एका आंदोलकास निर्वात आणि प्रतिबंधरहित स्थळांत चालू केला, आणि बंधन स्थानापाशीं अगदीं घर्षण नसलें, तर तो निरंतर झोंके खात राहील. आंदोलकाचा पडण्याचा प्रयत्नामुळे त्यास झोंके प्राप्त होतात; जसें, त्याच आकृतीतील ब ड रेघ क्षितिजमर्यादरेघेशीं लंब असली आणि इ फ तिशीं समांतर असली, तर तो गोळा ड पासून अ पर्यंत चढविल्यानें, वास्तविक अ फ लंबांचीवर चढेल, आणि अ

पासून फ पर्यंत जा वेगानें पडेल, त्याच वेगानें तो अ पासून ड पर्यंत अ म ड वक्रकरणानें गमन करील. कौसाची लांबी कांहीं नियमित मर्यादिवाहेर नसेल, तर कोणत्याही आंदोलकाचे झोंके हव्या त्या लांबीचा कौसांतून घडले तरी ते समकाळांत होतील. हा आंदोलकाचा आंगां मोठा विलक्षण गुण आहे; ह्मणून तो काळ गणण्यांत फार उपयोगी पडतो. हवेचा प्रतिबंधामुळें त्याचे झोंके क्षीण होत जातात, आणि जा प्रत्येक कौसांत त्याचें गमन होतें त्यांची लांबी त्या पूर्वीचा कौसापेक्षां कमी होत्ये. तथापि असें दिसून येतें कीं जरीं आंदोलकाचे झोंके हळू होत जातात, तरी ४ पासून ४ पर्यंत, ३ पासून ३ पर्यंत अशे तऱ्हेनें जोपर्यंत त्याचें हालणें अगदीं बंद होई तोपर्यंत, त्यास जाण्यास जो वेळ लागेल त्यांत कांहीं फेर पडणार नाही; कांहीं जातीचा वक्र रेषांत पदार्थ सारिखे झोंके खातात हें गालिलीओ याणें उघडकीस आणिलें. पाइसा शहरांतील एका देउळाचा तक्तपोशीपासून टांगलेल्या दिव्याचा हालण्याकडे त्याचें लक्ष गेलें. तेणें करून त्याचें मन या गोष्टीकडे लागलें; जा स्थळांतून तो दिवा झोंके खात असे तीं स्थळें मनांत न आणितां तो समकाळांत झोंके खातो असें त्याणें तेथें पाहिलें; यावरून त्याणें प्रत्यक्ष अनुभव घेतले तेणें करून काळाचा सारिखेपणाचा नियम स्थापिला गेला.

## अध्याय ५.

### वक्ररेषाचलन.

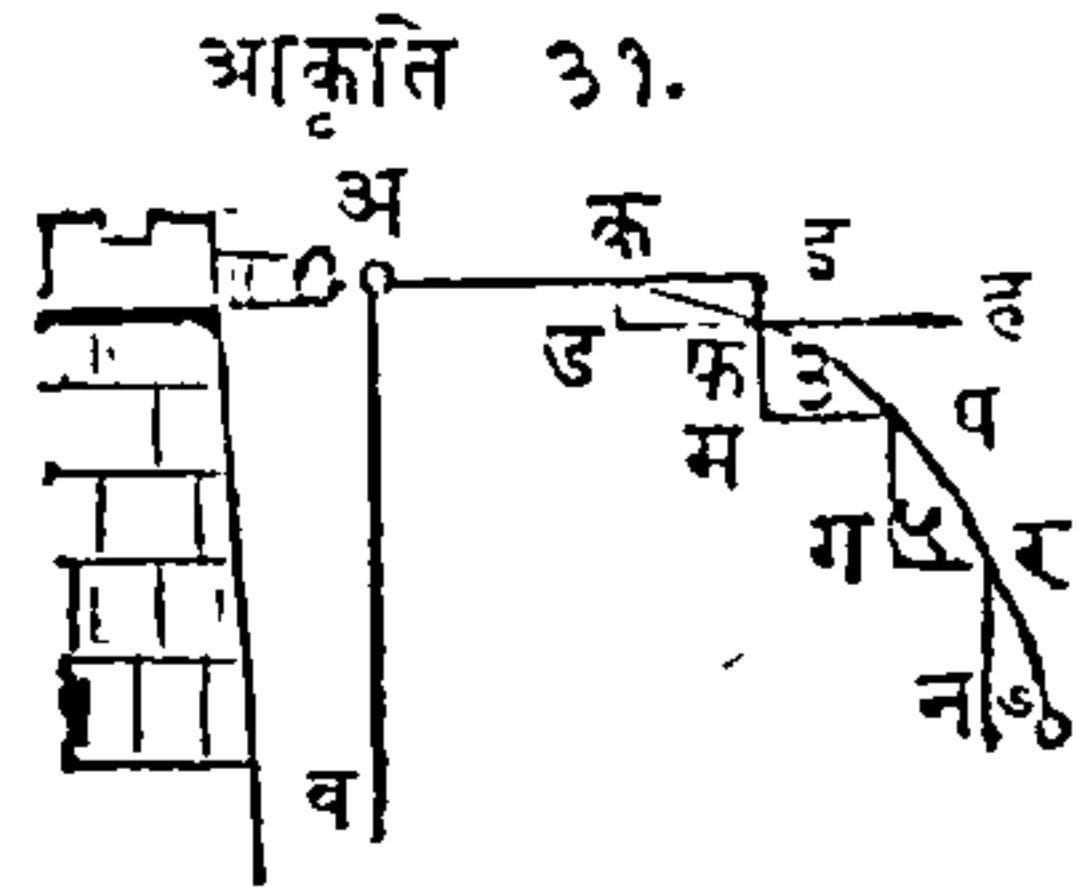
पदार्थावर जेव्हां एक प्रेरणा घडत्ये, जेव्हां मिश्र प्रेरणा घडत्ये, आणि जेव्हां गुरुत्व प्रेरणाच एकटी घडत्ये, तेव्हां या प्रत्येकपक्षीं पदार्थास जें चलन प्राप्त होतें त्याचा विचार पूर्वीचा अध्यायांत झाला; त्यावरून आतां वक्ररेषा चलनाचें लक्षण समजून घेण्यास शिकणारा समर्थ होईल. वक्ररेषाचलन याच नावावरून स्पष्ट होतें कीं तें चलन सरळ रेषेत अथवा कर्ण रेषेत होत नाही, परंतु वक्र रेषेत होतें; आणि पदार्थ चालत असतां त्यावर गुरुत्वप्रेरणा आडवी लागू होत्ये यामुळे, तसें चलन उत्पन्न होतें. जसें पिंपाचा भोंक्यांतून पाण्याची धार निघून जमीनीवर पडत्ये हें एक वक्र रेषेचें उदाहरण आहे; आणि जा वेगानें पाणि पिंपांतून बाहेर येतें त्याप्रमाणें वक्ररेषेचा आकार होतो.

तोफेंतून निघालेला गोळा अथवा दगड, गुरुत्वप्रेरणेनें खालीं ओढिला जातो हेंही एक वक्ररेषारूप चलनाचें उदाहरण आहे; कारण, त्यास पुढें फेंकणारी प्रेरणा लागू होऊन लागलीच नाहीशी होत्ये; परंतु खालीं लवविणाऱ्या प्रेरणेचा व्यापार प्रतिक्षणीं घडत असतो, ह्मणून त्या व्यापारानें प्रतिक्षणीं वक्रता येत जात्ये, शेवटीं सर्व मिळून पदार्थाचा मार्ग वक्र होतो. जसें धोंडा उडविण्यांत अथवा तोफेंतून गोळा उडविण्यांत, हाताची अथवा दारूची शक्ति

हेवेचा प्रतिबंधामुळे उत्तरोत्तर क्षीण होत जात्ये, आणि गुरुत्वाविषयींचा अध्यायांत सांगितल्याप्रमाणे जर पदार्थाचा आंगीं पडतांना वेग वाढत जातो तसा न वाढता, तर त्या गोळ्यावर अथवा दगडावर गुरुत्वप्रेरणा सारिखीच घडती; आणि यावरून असा सारांश निघतो कीं, सर्व पक्षां या दोन प्रेरणा मिळून त्यांची एक प्रेरणा होत्ये, जिणेकरून पदार्थाचा चलनमार्ग वक्र होतो.

वाजूवरील आकृतींत

अ एक गोळा नुकताच तोफेतून निघालेला आहे, तर जा दिशेंत गुरुत्वप्रेरणा त्यास खाली ओढित्ये ती दिशा अ व रेघ दाख-



वित्ये, आणि त्यास दाखू पुढे प्रेरित्ये ती दिशा अ क रेघ दाखवित्ये, अशा या दोन प्रेरणा परस्परांशीं विरुद्ध असून त्या गोळ्यावर घडतात; परंतु जर अशी कल्पना केली कीं अ पासून क पर्यंत गुरुत्वप्रेरणेपेक्षां दाखूचा जोर अधिक आहे, आणि त्यामुळे गुरुत्वप्रेरणेचा व्यापार, त्या स्थळांत दिसून येत नाही, तर तो गोळा पुष्कळ लांबपर्यंत सरळरेषेंत जाईल. परंतु गुरुत्वप्रेरणा अचल आहे ह्मणून, अशी कल्पना करितां येईल कीं जेव्हां गोळा क जवळ येतो, तेव्हां गोळ्यावरील दाखूची प्रेरणा इतकी कमी होत्ये कीं तिचानें त्या गोळ्यास खाली येण्यास अडथळा करवत नाही; ह्मणून जर तो क पासून इ पर्यंत जातांना क ड स्थळांतून खाली पडतो, तर

त्याचें गमन क फ कर्णरेषेंत होईल, आणि दुसऱ्या काळांत तो गोळा क ड स्थळाचा तिप्पट स्थळांतून पडेल, ह्मणजे फ पासून म जवळ पडेल, आणि दारूची प्रेरणा कमी होत असत्ये ह्मणून त्याचें जाणें ह जवळ मात्र होईल, असें झाल्यावर तो गोळा प स्थळां सांपडेल; नंतर दुसऱ्या तितक्याच काळांत तो पांचपट स्थळांतून पडेल, ह्मणजे ग शीं येऊन पांचेल, आणि र पर्यंत पुढें लोटिला जाईल; पुढल्या काळांत त्याणें सातपट स्थळांतून पडावें, ह्मणून तो न स्थळां जमीनीवर पडेल आणि स्थिर होईल; यावरून क पासून न पर्यंत त्याचा गमनमार्ग, कौसाचा खंडांत घडतो; अथवा जोंपर्यंत दोन प्रेरणा त्यावर एक काळेंकरून घडत असतात तोंपर्यंत त्याचा मार्ग वक्र होतो.

वर सांगितलें कीं गुरुत्वाची शक्ति सर्वदां सारिखीच असत्ये, ह्मणून जा वेगानें पदार्थ फेंकिला असतो त्याप्रमाणें वक्ररेषेचा आकार होतो ; परंतु पुढें फेंकणारी प्रेरणा कितीही मोठी असली आणि चलन पावणारा तोंफेचा गोळा इत्यादि पदार्थ जर आडवा फेंकिला तर तोंफेचा उंचीपासून केवळ गुरुत्वानें पडण्यास जो काळ लागेल त्याच काळांत, तो गोळा भूमीवर पडेल ; ही गोष्ट कदाचित् अशक्य अशा नजरेस येईल, परंतु पुढें उडविणारी प्रेरणा गुरुत्वप्रेरणेचा आड येत नाही असें मनांत आणिल्यानें ती गोष्ट सहज समजेल. क्षितिजरेषेंत एक सेकंदांत १००० फुटी या वेगानें जाई अशा प्रेरणेनें जर एक तोंफेचा गोळा मारिला आणि दुसरा दर सेकंदांत १००



फुटी वेगानें जाई असा मारिला, तर जितकी गुरुत्वप्रेरणा यावर घडेल तितकीच पहिल्यावर घडेल; यावरून त्या दोहोंचें समान काळांत समान स्थळांतून पडणें घडेल. पुढें फेंकणारी प्रेरणा जशी असत्ये त्याप्रमाणें ते लांब किंवा जवळ पडतात; जर एकापेक्षां दुसऱ्यावर अधिक प्रेरणा घडली, तर जावर अधिक प्रेरणा घडली असत्ये तो दुसऱ्यापेक्षां अधिक लांब जातो, परंतु ते दोन्ही एक काळांत जमीनीवर पडतात, ह्मणजे एक थोड्या स्थळांत हळू चालून पडतो आणि दुसरा पुष्कळ जागेंतून लवकर चालून पडतो.

फेंकिलेल्या पदार्थाचा गमनानें जी वक्ररेषा उत्पन्न होत्ये तीस पराबला असें ह्मणतात; या सिद्धांतांत हवेचा प्रतिबंधाची गणना केली नाहीं, तथापि व्यवहारी अनुभवांत तो प्रतिबंध फार दृष्टीस येतो.

## अध्याय ६.

### गुरुत्वमध्य.

गुरुत्वमध्य ह्यणजे पदार्थांत एक विंदु असतो, जा-  
मध्ये त्या पदार्थाचा गुरुत्वाचे सर्व शक्तींचा अथवा वज-  
नाचा संचय असतो. ह्यणून त्या विंदूस जां कांहीं वस्तू-  
पासून आधार मिलतो, त्या वस्तूवर त्या पदार्थाचे सर्व  
वजन पडते ; आणि जोंपर्यंत या विंदूस आधार असतो  
तोंपर्यंत तो पदार्थ तेथून खाली पडत नाही, कारण त्या  
पदार्थाचा सर्व भागांची वजनं त्या विंदूसभोंवतीं परस्प-  
रांस तोलून धरितात. जर एक काठी बोटावर आडवी  
तोलून धरायाची असेल तर, कांहीं वेळ अदमासून पा-  
हिल्यानं एक स्थळ सांपडेल, त्यापासून कोणतेही टोंक  
दुसऱ्यापेक्षां वजनानं अधिक व्हावयाचें नाही ; ह्यणून जो  
काठीचा भाग बोटावर असतो तो गुरुत्वमध्याखालीच  
असतो.

जेव्हां गुरुत्वप्रेरणेनं मात्र पदार्थ पडतात, तेव्हां ते  
एका सरळ रेषेत पडतात. ती रेषा पदार्थाचा गुरुत्व-  
मध्यापासून पृथ्वीचा मध्यापर्यंत काढिली आहे अशी कल्प-  
ना करावी, या कारणावरून त्या रेषेस दिग्रेषा असें  
ह्यणतात.

एक शेवटापासून दुसऱ्या शेवटापर्यंत सारख्या जाडीची  
आणि घट्टाईची अशी एक सरळ लांकडाची अथवा धा-

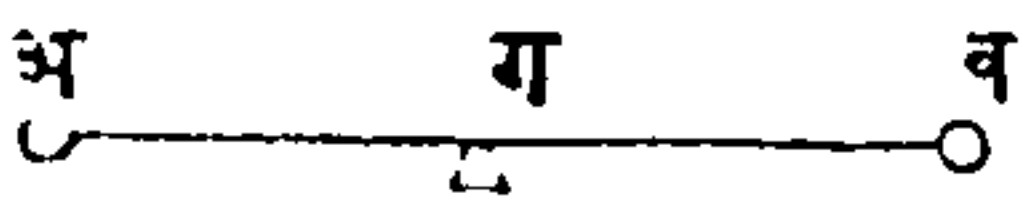
तूची अ व काठी (आकृति ३३)

आकृति ३३.

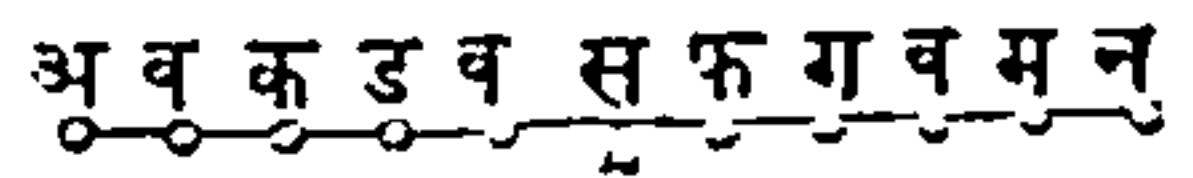
जर तराजूचा दांडीसारिखी ड सु- क  
 ईचा टोंकावर, क गुरुत्वमध्याखा- अ ड व  
 लून उचलून धरिली तर, तिचीं दोनही टोंकें परस्परांस  
 तोलून धरितील, त्याशिवाय दुसरा आधार नसला तरीं  
 ती काठी तशीच राहिल; गुरुत्वनियम जो वर सांगितला  
 त्यावरून ही गोष्ट घडत्ये, कां कीं प्रत्येक टोंकांत अथवा  
 अ आणि क, आणि व आणि क यांमध्ये प्रकृतिपरिमाण  
 सारिखेंच आहे, यामुळे गुरुत्वप्रेरणा दोहों वाजूंवर  
 सारिखीच घडत्ये, ह्मणून ती काठी समतोल होत्ये. हें  
 अति स्पष्ट होण्यासाठीं मनांत आण कीं अ आणि व  
 (आकृति ३४) हे प्रकृतीचे दोन समान अवयव, अ व  
 सरळ काठीनें जोडिले आहेत, तर अ आणि व यांचा  
 मध्यभागींचा ग बिंदु त्या दोन पदार्थांचा गुरुत्वमध्य हो-  
 ईल; कारण कीं जर ग बिंदु उचलून धरिला, तर ते  
 दोन पदार्थ त्या बिंदूभोवतीं एकमेकांस तोलून धरितील.  
 अ आणि व यांचा वजना इतका भार ग स्थळीं पडेल,  
 यावरून ते दोन पदार्थ अ आणि व स्थळीं ठेविले अथवा  
 त्यांचा वजनाचा दुसरा एक पदार्थ ग स्थळीं ठेविला  
 तरीं भार सारिखाच होईल. ३५ व्या आकृतींतील अ  
 व, क इत्यादि पदार्थ अ न ताठ दांडीवर समांतरानें  
 राचिले आहेत, तर त्यांजविषयींही वरचासारिखें ह्मटलें  
 पाहिजे, ह्मणजे, अ आणि न हे स स्थळीं असतां जितका  
 भार पडेल तितकाच भार अ आणि न स्थळांवर अस-  
 तांनाही पडेल; व आणि म हे स स्थळीं असतां जितका

भार पडेल तितकाच भार ते आपआपल्या स्थळीं अस-  
तांनाही पडेल; आणि याचप्रमाणें वाक्रीचाविषयांही  
घडेल; ह्मणून अ+ब+क+ इत्यादि+फ+ग+इत्यादि स  
स्थळीं असून जो एकंदर भार होईल, तितका भार ते  
आपआपल्या स्थळीं असल्यावरही पडेल.

.आकृति ३४.



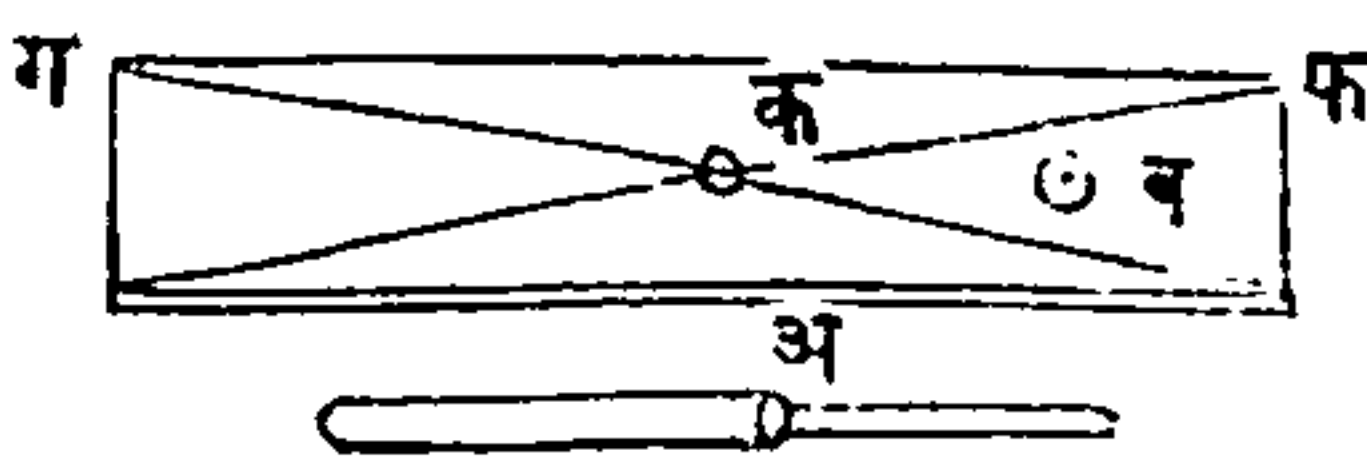
आकृति ३५.



अ, व, क इत्यादि अवयव एकमेकास स्पर्श करितील  
इतकी त्यांची संख्या वाढवितां येईल; आणि ते सर्व अव-  
यव एका गुरुत्वशून्यदांडिनें जोडिले आहेत अशी  
कल्पना केली, किंवा स्नेहाकर्षकत्वानें ते वास्तविक जोड-  
ले गेले आहेत अशी कल्पना केली, तरीं दोहोंपक्षां परि-  
णाम एकच होईल.

वरचे दोन उदाहरणांत जो गुरुत्वमध्य सांगितला तोच  
पदार्थाचा महत्वाचा अथवा आकाराचा मध्य आहे; परंतु  
जेव्हां पदार्थाचे सर्व भाग समान घट्टाईचे असतात ते-

आकृति ३६.



व्हांच मात्र अशी गोष्ट  
घडत्ये; जसें (आकृति  
३६) ड काठी सर्वत्र सा-  
रिख्या जातीची नाहीं

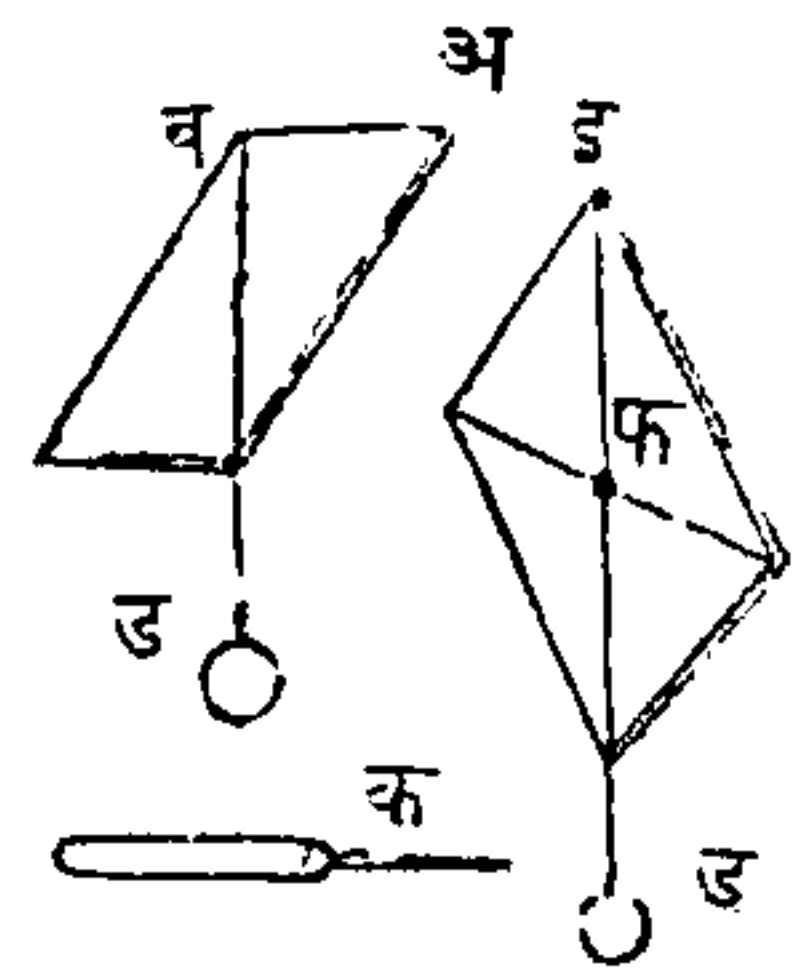
परंतु फ पासून क पर्यंत शिसें अथवा दुसरा कांहीं जड  
पदार्थ आहे. आणि क पासून ग पर्यंत लांकूड आहे.

अशा तऱ्हेची ती काठी आहे; तर ग क तुकड्यापेक्षां क फ तुकड्यांत अधिक प्रकृत्यंश आहेत, आणि जर क मध्यांतून अ खिळा घातला, तर क फ टोंक वजनाने अधिक होईल; परंतु जर तो खिळा क मध्यांतून काढून व गुरुत्वमध्यांत घातला, तर दोनही टोंकें समान होतील; तथापि असें दिसण्यांत येईल कीं दांडीचा आकाराचा मध्य तिचा गुरुत्वमध्याशीं मिळत नाहीं.

अवड धोवड आकाराचे आणि सपाट वाजूंचे पदार्थांचा गुरुत्वमध्य काढण्याची ही पुढील सोपी आणि व्यवहारी रीति आहे; मनांत आण कीं अ एक फळें

आहे, (आकृति ३७) त्याचा एका व कोपऱ्यास भोंक पाड, तें असें मोठें कीं त्यांत क तार सहज जाईल, आणि तिणें उचलून धरिलें असतां तिचा भोंवतीं तें फळें मोकळेपणानें फिरेल, ह्मणून ती तार टांगण्याचें स्थळ होईल; आणि त्या तारेपासून जर ब ड ओळंबा सोडिला तर तो दिग्गेषा दाखवील, आणि त्या फळ्याचा गुरुत्वमध्य ह्या दिग्गेषेत कोठे तरी असावा. जी दिग्गेषा ओळंब्यानें दाखविली ती फळ्यावर काढून, पूर्वीप्रमाणें फळ्याचा दुसऱ्या इ कोपऱ्यास भोंक पाड आणि त्यांत तार घालून तीस ओळंबा लाव, नंतरं जी दिग्गेषा दाखविली जाईल ती इ ड रेघ होईल, आणि या रेघेत कोठे तरी गुरुत्वमध्य असावा; परंतु त्यास दोन स्थळें नस-

आकृति ३७.





तात ह्यणून जा फ विंदूंत त्या दोन रेघा परस्परांस छे-  
दितात, तो विंदु त्या फळ्याचा गुरुत्वमध्य होईल.

पदार्थाचा गुरुत्वमध्यास आधार मिळाल्यावांचून पदार्थ स्थिर राहू शकत नाही, ह्यणून एकाद्या पदार्थाचा गुरुत्वमध्यापासून पृथ्वीचा मध्याकडे काढिलेली रेघ जर त्या पदार्थाचा बंधाखालचा स्थळांत पडेल, तर तो पदार्थ नीट वसेल. हलक्या पदार्थाविषयी ही गोष्ट सहज दाखवितां येईल; जे पदार्थ जमीनींत पुरलेले असतात त्यां-  
जवर अशी कल्पना चालणार नाही, ह्यणून त्यांचा गुरु-  
त्वमध्याचें अनुमान, केवळ कृति आणि गणित यांणीं केलें जाईल, त्या हिसावांत पदार्थाचें वजन, घट्टाई आणि त्यांचा प्रकृतीची स्थिति यांची गणना केली पाहिजे; आणि अशा रीतीनें पदार्थाचा गुरुत्वमध्याचें ठिकाण काढल्यावर तो पदार्थ स्थिर वसेल किंवा नाही याचा निर्णय करितां येईल.

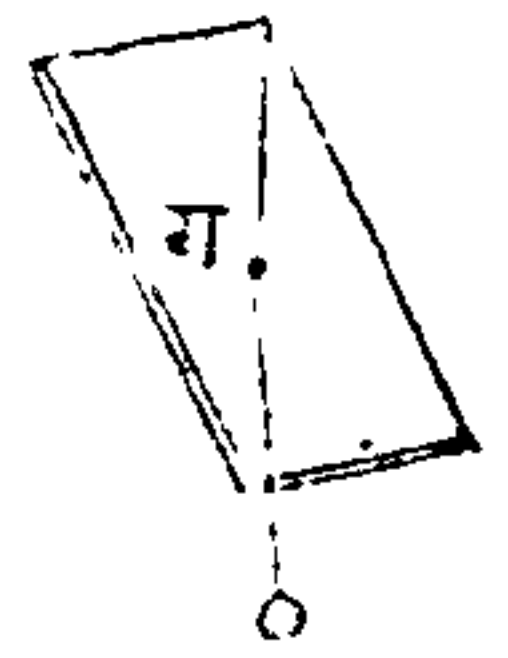
वांकडे बुरुज आणि वांकडे मनोरे पृथ्वीवर पुष्कळ ठिकाणीं आहेत, त्यांस वरचासारिखे हिसाव लागू हो-  
तात. इतलि देशांत पीसा नामें एक शहर आहे, त्यांत अशा तऱ्हेचा एक आश्चर्यकारक बुरुज आहे, त्याची उंची १८२ फुटी आहे, आणि तो लंबावाहेर १.६ फुटीहून अधिक तोललेला आहे; याप्रमाणें तो शेकडों वर्षे उभा आहे, आणि पुढेही शेकडों वर्षेपर्यंत तसाच उभा राहिल, असा तर्क करितां येतो. बोळोन्या शह-  
रांतिल दोन बुरुजही तोललेले आहेत, आणि १५८० वर्षांचा पूर्वीपासून ते तसेच आहेत असें लिहिलें आहे.

दक्षिण वेल्स प्रांतांत लान्डफयाजवळ कार्फिली किल्यांत आग्नेयी दिशेचा बुरुज पुरता ८० फुटी उंच नाही, तथापि तो ओळंब्याबाहेर ११ फुटी आहे. अशा जातीचे बुरुज डोरसेट प्रांतांत कोर्फ किल्यांत व ब्रिजनार्थ किल्यांत आहेत, आणि याखेरीज दुसऱ्या पुष्कळ ठिकाणी आहेत.

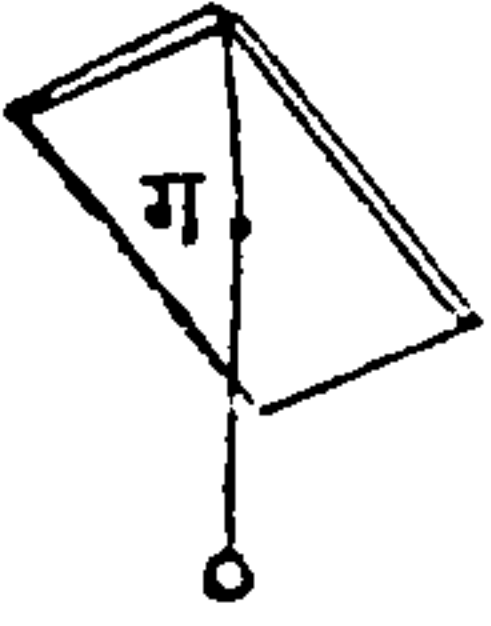
जेव्हां दिग्गेषा पायाचा बाहेर पडत्ये तेव्हां पदार्थाचा आंगीं पडण्याचा जो धर्म येतो तो या पुढल्या उदाहरणावरून स्पष्ट दिसेल.

एकादा पदार्थ, (आकृति ३८) चवरंगाचा कांठावर ठेवून त्याचा गुरुत्वमध्यापासून ओळंबा सोडिला असतां, जर त्याची दिग्गेषा पायाचा आंत पडत आहे, तर तो पदार्थ नीट वसेल, कारण कीं त्याचा गुरुत्वमध्यास आधार मिळाला असतो; परंतु जर ती रेषा पायाचा बाहेर पडेल, तर तो पदार्थ चवरंगावरून खालीं पडेल, कारण कीं या पक्षां त्याचा गुरुत्वमध्यास आधार मिळाला नसतो. त्या लांकडाचा तुकड्यास ३९ व्या आकृतीप्रमाणें उलटून

आकृति ३८.

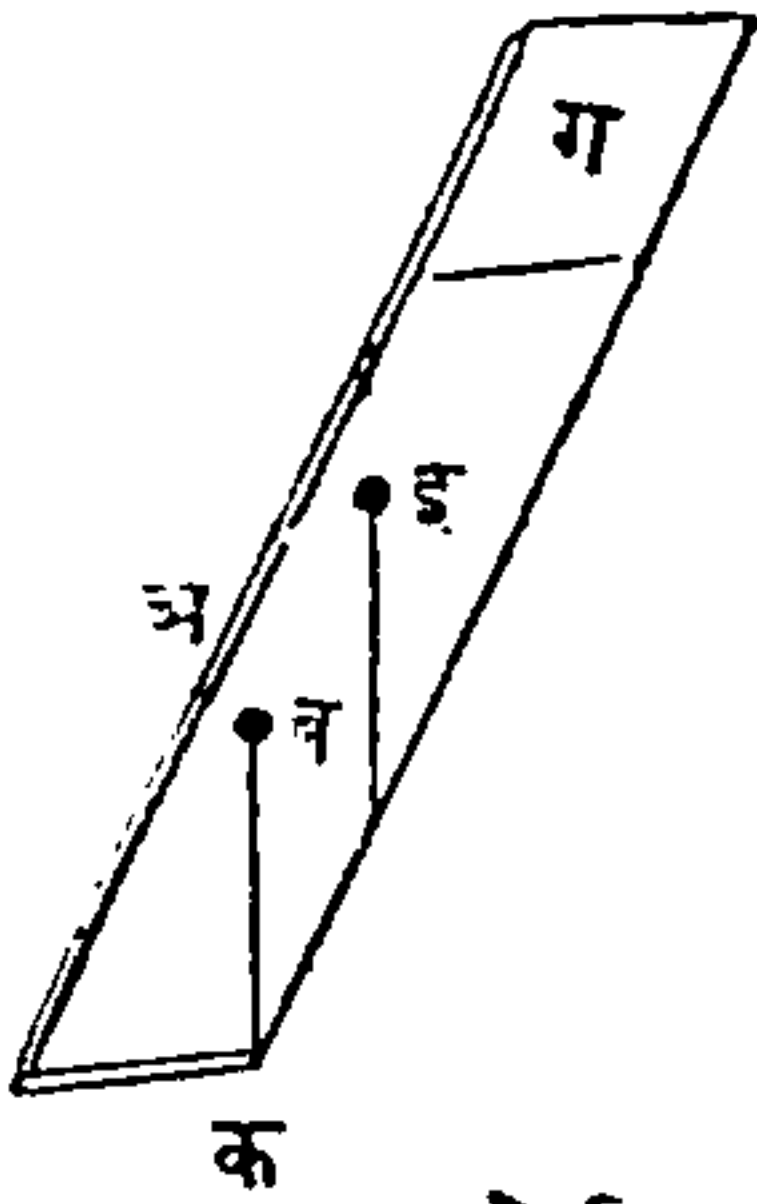


आकृति ३९.



मांडिल्यानें हें उदाहरण दाखवितां येईल. जर त्या पदार्थाची दिग्गेषा वरोवर पायाचा कांठावर पडत्ये, तर तो पदार्थ अशा तऱ्हेनें वसेल कीं, जा कांठावर दिग्गेषा पडत्ये, त्या वाजूस तो अगदीं थोड्या प्रेरणेनें लोटतां येईल.

आकृति ४०.

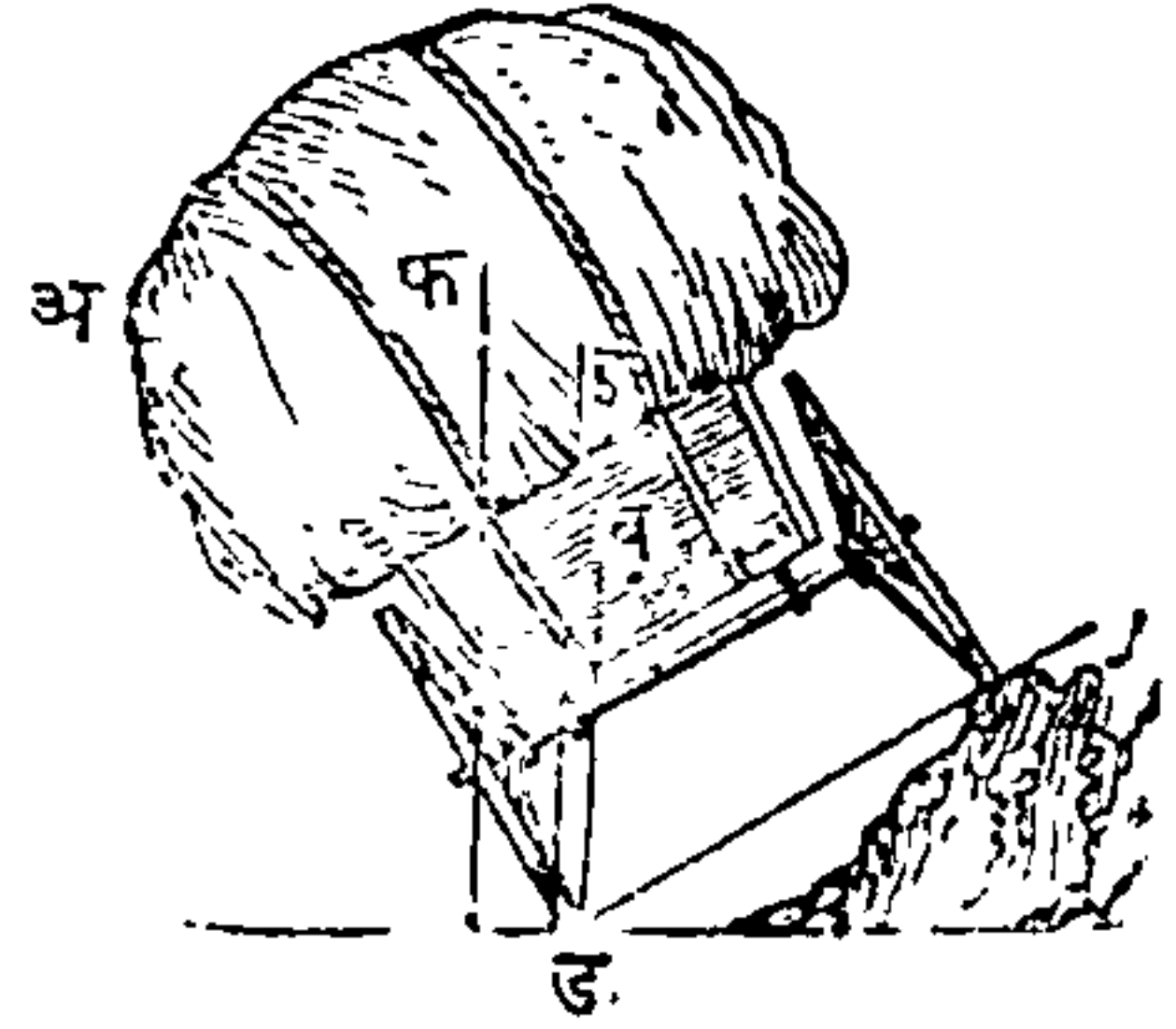


वाजूवरील ४० व्या आकृतींत अ लांकडाचा तुकड्याचा गुरुत्वमध्य ब आहे, तर ब क दिग्गेषा पायाचा आंत पडेल; यामुळे वर सांगितलेल्या कारणावरून तो तुकडा नीट वसेल. परंतु त्या तुकड्यावर दुसरा तुकडा ठेविला असतां सर्व तुकड्याचा गुरुत्वमध्य इ होईल; ह्या बिंदूपासून ओळंबा सोडिला असतां दिग्गेषा पायाचा बाहेर पडेल असें दिसेल, ह्मणून तो सर्व तुकडा खालीं पडेल. याच कारणावरून होडी किंवा गलवत बुडाय्याचा संधीस येते तेव्हां आंतील मनुष्याचे एकदांच उभें राहणें मोठें भयकारक होतें, कारण तीं मनुष्यें उभीं राहिलीं असतां, पूर्वीपेक्षां गुरुत्वमध्य कांहींसा वर होतो, तेणेंकरून तो कदाचित् दिग्गेषेचे बाहेर जाऊन असा प्रसंग येतो.

गाड्यावर ओझे घालतांना वजनदार ओझे खालीं रचावें, आणि हलकें त्यावर ठेवावें, कारण कीं गाड्याचा आणि ओझ्याचा गुरुत्वमध्य जितका खालीं असेल तितकें

त्यास उलटण्याचें भय कमी होईल. ओझानें वळकट भरलेला अ गाडा उतरते रस्त्यावरून चालत आहे, (आकृति ४१); जर भारी वजनांचें सामान खालीं आणि हलक्या वजनांचें वर आशा रीतीनें तो गाडा भरला असेल, तर त्याचा गु-

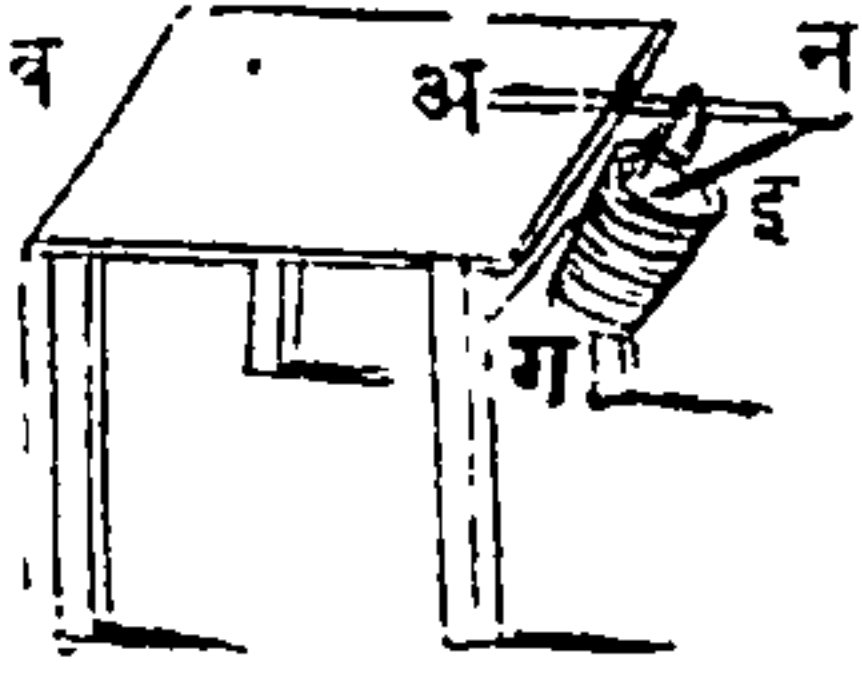
आकृति ४१.



रुत्वमध्य खालीं होईल. तर आकृतींत दाखविल्याप्रमाणें गुरुत्वमध्याचें स्थान ब आहे असें मनांत आण; त्या स्थानापासून ब ड दिग्गेषा पायाचे आंत पडत्ये, ह्यणजे ती दोन चाक्रांचामध्ये पडत्ये, ह्यणून गाडीस चांगला आधार आहे, परंतु ओझाचा भिन्न रचनेमुळे गुरुत्वाचें स्थान जर इ जवळ होईल, तर ड इ दिग्गेषा चाक्राचा जवळच आंतल्या वाजूस पडेल, आणि त्या योगानें तो गाडा लहानशा धक्यानें उलटेल; आणि जर गुरुत्वमध्य त्याहून उंच असला, ह्यणजे फ जवळ असला आणि दिग्गेषा चाक्राचा बाहेर पडत असली, तर तो गाडा केवळ आपल्या वजनानेच उलटेल.

पदार्थांचा गुरुत्वमध्य जितका खालीं असेल तितकी त्याचा आंगीं दृढता येईल, असें या सांगितल्या गोष्टींवरून उघड आहे, परंतु त्याचा प्रत्यक्ष अनुभव पाहण्याची रीति पुढील आकृतीवरून सहज लक्षांत येईल.

आकृति ४२.



४२ व्या आकृतींत दाखविल्याप्रमाणें अ काठी नुसती ठेविली असतां, तिचा गुरुत्वमध्य चौरंगाचा बाहेर आहे ह्मणून ती पडेल, आतां त्या काठीस एक पात्र टांग, आणि त्या काठीचा टोंकास न भोंक आहे त्यांत इ काठीचें एक टोंक घालून दुसरें त्या पात्राचा बुंधाशीं पोंचीव. असें केल्यानें आकृतींत दाखविल्याप्रमाणें तें पात्र लोंवत राहिल; कारण कीं काठीनें पात्राचा गुरुत्वमध्यास लंबाबाहेर कांहींसें नेलें आहे, तेणेंकरून त्या सर्वांचा गुरुत्वमध्य चौरंगाखालीं येतो, ह्मणून त्यास चौरंगापासून आधार प्राप्त होतो.

आकृति ४३.



पदार्थाचा गुरुत्वमध्य फार खालीं ठेविल्यानें, जें फळ होतें तें या पुढल्या आकृतीसारख्या झोंके खाणाऱ्या खेळण्यांत चांगल्या रीतीनें दाखविलें असतें. जर अ गोळा, (आकृति ४३) काढून टाकिला तर तो घोडा लागलाच गोळांट खईल, कारण कीं त्यास कांहीं आधार नाही आणि गुरुत्व विंदु खांब्याचा बाहेर आहे; परंतु तो गोळा पुनः ठेविला असतां गुरुत्वमध्याचें स्थान पालटतें, आणि तें त्या खांब्यामध्ये येते, तेणेंकरून तो घोडा नीट उभा राहतो. जेव्हां मनुष्य तरतरित उभा असतो, तेव्हां त्याचा गुरुत्वमध्यास पायांचा आधार असतो; जर त्याचे पाय एकत्र बांधिले



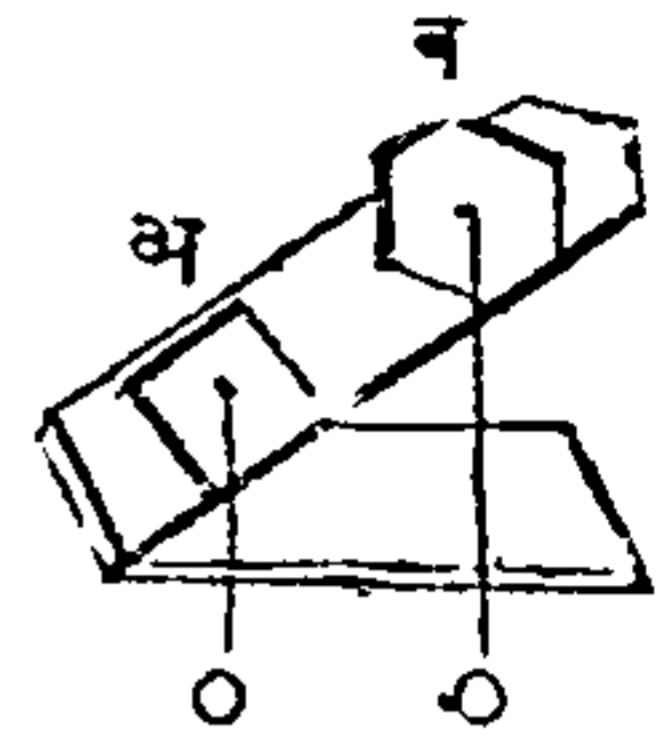
आणि हातही तसेच आंगावरोवर बांधिले, तर त्यांचे शरीर थोडेसे एक वाजूस कलले असतां गुरुत्वमध्य लंबावाहेर जाईल आणि तो पडेल; जर त्याणे आपले पाय ताणले तर त्याचा शरिरास मोठा पाया मिळेल आणि तेणेंकरून तो मजबूत उभा राहील. पाठीवर ओझे नेतांना शरीराचा आणि ओझाचा गुरुत्वमध्य पायांचामध्ये यावा ह्मणून ओझे नेणारा मनुष्य आपला तेल पुढे टाकितो. जर ओझे डोईवर असले तर तो नीट चालतो, आणि जर तो दोन हातांवर घेऊन जात असला, तर तो आपल्या शरीराचा तेल मागे टाकितो. याच कारणावरून, जेव्हां आपण डोंगर चढू लागतो तेव्हां पुढे ओणवतो, आणि डोंगर उतरतांना मागे तेल टाकितो. मोठे टेवल एका पायावर राहू शकणार नाही, परंतु त्या पायापुढे तीन स्वर असल्यास ते नीटपणीं उभे राहील. मनुष्य जेव्हां चालतो तेव्हां शरीराचा गुरुत्वमध्य पायांचा आंगळ्यांचा दिशेंत यावा, आणि तेणेंकरून कमरेचा खालचा स्नायूचा पुढे लोटण्याचा व्यापारास साहित्य व्हावे ह्मणून, तो आपल्या शरीराचा तेल पुढे टाकितो. चतुष्पदे कुशीकडचा दोन पायांवर भार ठेवून उठत नाहीत. कारण कीं तसे केल्याने त्यांचा शरीराचा गुरुत्वमध्यास आधार मिळत नाही. पदार्थाचा पायांची रुंदी जशी असेल तसा तो पदार्थ नीट अथवा दृढ बसेल; यावरून काठीसारिखे लांब पदार्थ उभे करण्यास अथवा भोवण्यास आरेवर उभे करण्यास मोठे संकट पडते; आणि शंकूचा आकारासारिखे पदार्थ उलटण्यास तसेच श्रम पडतात, कारण कीं त्यांचा गुरुत्वमध्याची

दिग्गेषा बरोवर पायाचा मध्यभागी पडत्ये, आणि गुरुत्वमध्याचें स्थानही फार नीच असतें, दोन टोंकांस वजनें वसविलेली लांब काठी हातांत घेऊन दोरावर नाचणारे आपल्या करामती मोठ्या चपळतेनें करून दाखवितात; नाच करित्ये समयीं जे निरनिराळे वांक शरिरास द्यावे लागतात, ते देऊन दिग्गेषा पायांमध्ये पडावी अशा रीतीनें गुरुत्वमध्याचें स्थान काठीचा योगानें पालटितात; हें सर्व करितांना त्यांची दृष्टी दोराजवळचा कांहीं नियमित स्थळवर सर्वकाल असत्ये; आणि कोणत्या वेळस कोणत्या तऱ्हेचा वांक शरिरास द्यावा हें त्यांस लागलेंच कळून येतें. पदार्थांचे सर्व अवयव जा विंदूभोंवतीं एकभेकांस तोकून धरितात तो विंदु त्या पदार्थांचा गुरुत्वमध्य होतो, असें जरीं आहे तथापि तो विंदु कित्येक पदार्थांचा अवयवांत नसतो, परंतु त्यांणीं व्यापिलेल्या स्थळांत असतो. यास उदाहरण, न्हाव्याची तुंबडी अथवा त्यासारिखे शंकूचा आकाराचे पोकळ पदार्थांचा गुरुत्वमध्य, त्या पदार्थांतील पोकळींत कोठें तरी असतो. त्याचप्रमाणें घोड्याचा नालासारिख्या लवलेल्या तारेचा अथवा वाटोळ्या कडीचा गुरुत्वमध्य, तारेंत असत नाहीं, परंतु त्या तारेचा मधल्या स्थळांत असतो.

पदार्थांचा पाया जितका मोठा पसरट असेल, आणि त्याची दिग्गेषा जितकी मध्याजवळ पडेल, तितका तो पदार्थ दृढ वसेल असें वर सांगितलें. सर्व गोलाकार पदार्थांचा पाया एक विंदु असतो, ह्मणून ते किंचित् हालले असतां त्यांची दिग्गेषा त्या पायाचा वऱ्हेर जात्ये,

ह्मणून वाटोळा गोळा सपाट जमीनीवर ठेविला असतां सहज गडवडतो. यावरून अ पदार्थाची दिग्गेषा पायाचा आंत पडत्ये (आकृति ४४); ह्मणून तो उतरणीवरून सरकत सरकत पडेल, परंतु ब पदार्थाची दिग्गेषा पायाचा बाहेर पडत्ये, ह्मणून तो त्या उतरणीवरून गडवडत खालीं येऊन पडेल.

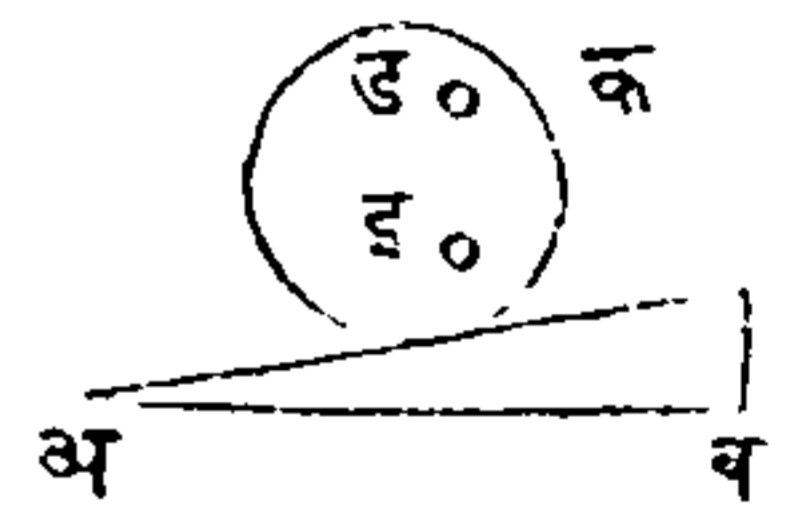
आकृति ४४.



पदार्थाचा गुरुत्वमध्याचें मुळचें स्थान बदलून त्यास नवें स्थान देऊन पुष्कळ तऱ्हेचा यांत्रिक देखत भुली करितात; त्यांतील ही पुढील एक आहे; क वाटोळा दांडा अ ब उतरणीवर ठेविला असतां, त्याचा गुरुत्वमध्य पृथ्वीकडे जातो, ह्मणून तो त्या उतरणीवरून खालीं येईल; (आकृति ४५.) परंतु त्या दां-

आकृति ४५.

ड्यांत एक शिशाचा खिळा एका वाजूवर इ स्थळीं मारिल्यावर तो खालीं येऊं लागला असतां, तो खिळा उचलला जातो, हें त्याचें वर चढणें गुरुत्वाविरुद्ध होतें, ह्मणून तो दांडा खालीं उतरणार नाही; जर तो खिळा ड स्थळीं असेल तर तो दांडा इ स्थळीं येऊन पडेल, आणि अशा रीतीनें तो आपल्या वजनानें वर चढेल. पुढील आनंदकारक कृतींत हेंच कारण दाखविलें आहे; दोन पट्ट्या घेऊन त्यांचा अ वाजूचां टोंकें जोडून दुसऱ्या ब वाजूचां टोंकें पसरून ठेव आणि हीं पसरलेलीं टोंकें किंचित् उचल,



आकृति ४६.



नंतर ४६ व्या आकृतींत दाखविल्या-  
प्रमाणें एक दुहेरी शंकूचा आकाराचा  
कांतलेला लांकडाचा तुकडा, त्या उ-  
तरणीचा पायाशीं ठेव, असें केल्यानें  
तो तुकडा त्या उतरणीवर अ पासून  
ब पर्यंत चढत जातो असें दिसेल, ही केवळ देखत भूल  
आहे. परंतु वास्तविक तसें होत नाहीं; कारण कीं जो  
त्या दुहेरी शंकूचा मध्य, तोच त्याचा गुरुत्वमध्य होय,  
आणि तो गुरुत्वामुळें वास्तविक खालीं जातो.

भोंवत्याचा गुरुत्वमध्य आरेवर येईल अशा रीतीनें  
त्यास आरेचा टोंकावर उभें करणें केवळ अशक्य आहे,  
ह्मणून भोंवरा आरेचा अणीवर तरतरित उभा करितां  
येत नाहीं; असें आहे तरीं भोंवरा फिरविला असतां जो-  
पर्यंत तो फिरत असतो तोंपर्यंत तो उभा असतो, कारण  
कीं त्याचा प्रत्येक फेऱ्यांत गुरुत्वमध्याचा स्थानाचे पुष्कळ  
फेर होतात, आणि तेणेंकरून तो भोंवरा आपल्या भोंवतीं  
सर्व वाजूंस पडूं लागतो; हे सर्व वाजूंवर पडण्याचे तेल,  
एकामागून एक त्वरित होत जातात, यामुळें एककाळींच  
झाल्याप्रमाणें ते एकमेकांस नाहींसे करितात.

अंडाकृति पदार्थ सपाट जमीनीवर ठेवून हालविला  
असतां तो कांहीं वेळपर्यंत आंदोलकाप्रमाणें झोंके खातो;  
कारण कीं मध्यापासून तो हालविला असतां त्याचा गुरु-  
त्वमध्य एक वाजूंवर चढतो, आणि तो लागलाच खालीं  
येऊं पाहतो; अर्धगोलाकार पदार्थाचाही असाच प्रकार  
होतो; अशा जातीचा पदार्थांची सपाट वाजू जेव्हां बरो-

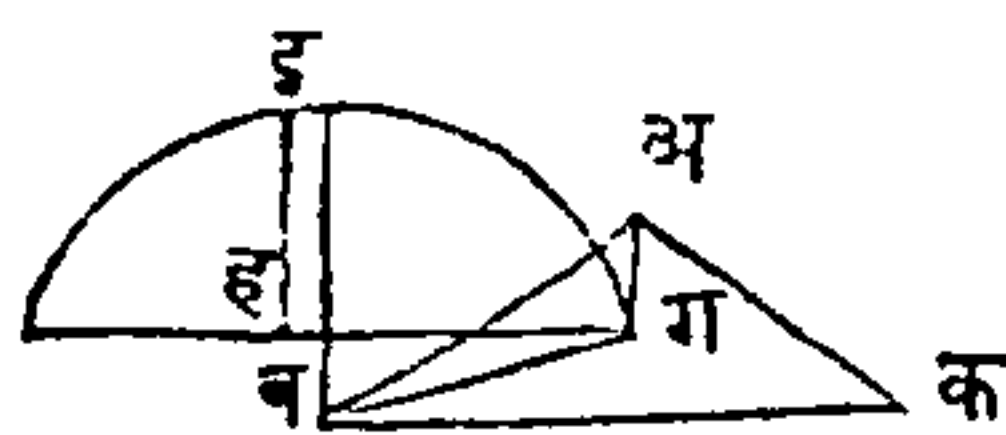
वर वरतीं येत्ये तेव्हांच ते स्थिर होतात. लांकडाचा अर्धगोल करून त्यावर गिरादिकांची मनुष्याकृति करून वसविलेली असें एक खेळणें असतें, त्यांत हेंच कारण स्पष्ट दिसून येतें; आणि पायांचावदल त्या आकृतींत शिशानें भरलेला गुळगुळित अर्धगोल असतो, आणि तें शिसें इतकें खालीं असतें कीं ती आकृति नेहमी उभी राहत्ये; ह्मणून तीस धक्का दिला असतां ती लागलीच उठून उभी राहात्ये.—

यावरून सामान्यतः पदार्थाचा दिग्पेषेचें स्थान जसें असेल आणि पदार्थ उलटण्याचा पूर्वी त्याचा गुरुत्वमध्य किती उंच चढवावा लागेल त्याप्रमाणें त्याची वैठक मजबूद होईल. पदार्थ उलटूं लागतो तेव्हां त्याचा गुरुत्वमध्याचा मार्ग वर्तुळांश होतो, आणि त्याचा पायाचा शेवट त्या वर्तुळाचा मध्य होतो. जसें, अब चौरस लांकडाचा तुकडा आहे (आकृति ४७) त्याचा गुरुत्वमध्य ग आहे,

आकृति ४७. तर ब वाजूस उलटत्येसमयीं जा वर्तुळाचा मध्य ब आहे; त्या वर्तुळाचा भागांतून त्याचा गुरुत्वमध्य चालतो, आणि ब बिंदूवरचा लंबावाहेर जेव्हां गुरुत्वमध्य जातो तेव्हां तो तुकडा आपल्या वजनानेंच पडतो.

शंकूचा आकारावरून ही गोष्ट सहज दिसून येईल,

आकृति. ४८. ब अ क (आकृति ४८) एक शंकू आहे, त्याचा गुरुत्वमध्य ग, फार नीच आहे, आणि त्याचा पायाही फार रुंद आहे, ह्मणून

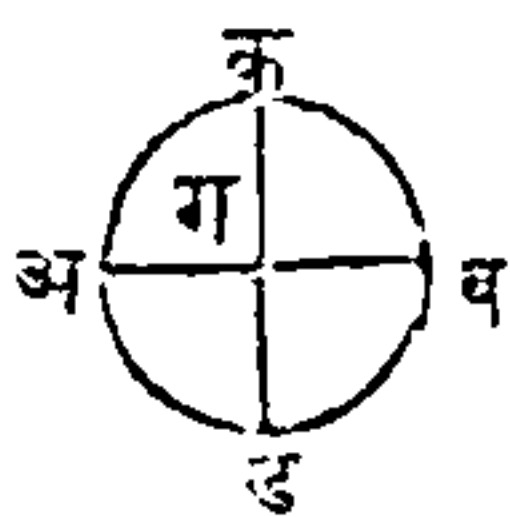




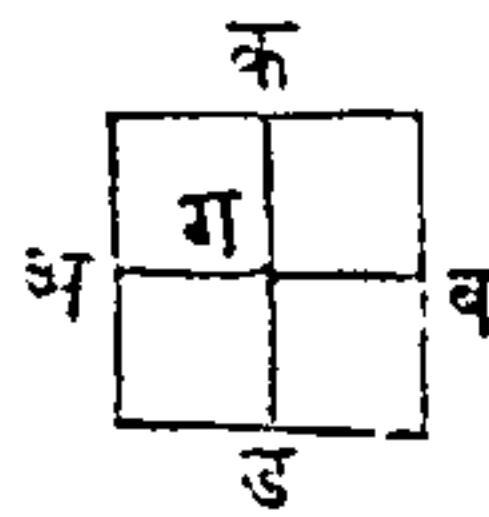
तो उलटून टाकण्याचा पूर्वी त्याचे पुष्कळ वजन उचलिले पाहिजे, कारण कीं ब वाज्वरून उलटण्यास त्याचा गुरुत्वमध्यास ग इ कौंसांतून नेले पाहिजे आणि तसे केल्याने तो गुरुत्वमध्य ह इ उंचींतून उचलिला जातो. जर कदाचित् तो शंकू उंच असला आणि त्याचा पाया अरुंद असला, तर ह इ उंची तशाच प्रमाणाने कमी होईल, यामुळे तो सहज उलटितां येईल; यावरून पूर्वी लिहिल्याप्रमाणे पदार्थाचा दिग्गेषेचे स्थान जसें असेल आणि पदार्थ उलटण्याचा पूर्वी त्याचा गुरुत्वमध्य किती उंच चढवावा लागेल, त्याप्रमाणे त्याची वैठक मजबूद होईल.—

चौरस, समांतरवाज्वचौकोन, वर्तुळ इत्यादि आकृति जेव्हां सारख्या जाडीचा असतात तेव्हां, त्यांचा गुरुत्वमध्याचे स्थान सहज काढितां येते; जा बिंदुभोवतीं पदार्थाचा प्रकृतीची रचना सारखी असत्ये, तोच बिंदु पदार्थाचा गुरुत्वमध्य असतो असें या पुढील उदाहरणावरून स्पष्ट दिसेल. पुढे काढिलेल्या ४९, ५० आणि ५१ व्या आकृती जाड कागदाचा अथवा धातूचा सारख्या घट्टाईचा आहेत असें मनांत आण,

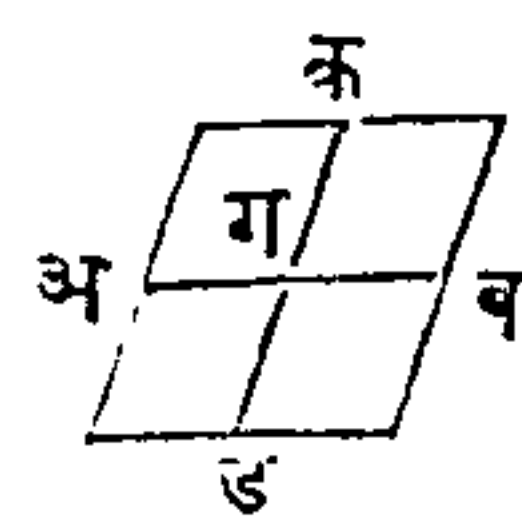
आकृति ४९.



आकृति ५०.



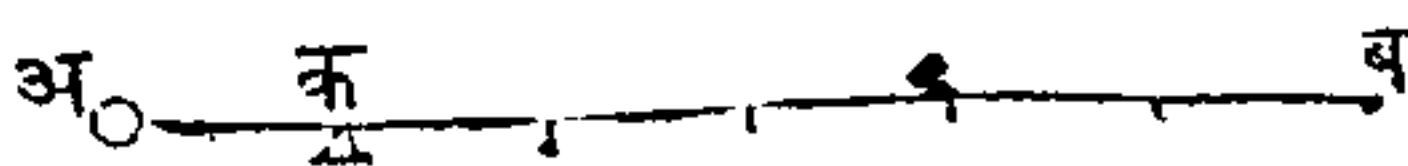
आकृति ५१.



आणि अ ब आणि क ड रेघांतून प्रत्येक रेघेने त्या आकृतींचे बरोबर दोन तुकडे कर. मनांत आण कीं या प्रत्येक आकृतींत अ ब रेघेचा बरोबर, आणि तिशीं समांतर रेघा फार आहेत; तर अ ब रेघेचे दोहों वाजूस समान प्रकृतिपरिमाण आहे आणि त्याची रचनाही सारखीच आहे; यावरून जर अ व रेघेस आधार दिला तर अ क ब आणि अ ड ब हे भाग त्या रेघेभोंवतीं आपणास तालून धरतील, ह्मणून गुरुत्वमध्य अ व रेघेत असावा; आणि जा रेघा अ ब शीं समांतर आहेत त्या क ड रेघेने दुभागिल्या आहेत, यामुळे गुरुत्वमध्य क ड रेघेतही असावा, ह्मणून तो गुरुत्वमध्य त्या रेघांचा ग छेदनविंदूंत अवश्य असावा.

पदार्थाचा जो गुरुत्वमध्य तोच त्याचा जडतेचाही मध्य होय; उदाहरण, सारख्या जाडीची एक काठी मध्यापासून उचलिली असता तिचा दोहों टोंकांची जडता नाहीशी होऊन ती टोंकें बरोबर उचलिलीं जातात; परंतु एक टोंकाचा जवळचा कांहीं भाग धरून ती काठी उचलिली, तर जडतेचा गुरुत्वमध्य दुसऱ्या वाजूस असतो यामुळे लहान टोंक वर होतें. पदार्थाचा प्रकृतिपरिमाणाचा जो मध्य, तोच सर्वदा गुरुत्वमध्य अथवा जडतेचा मध्य असत नाही; उदाहरण, जर एका काठीचा

आकृति ५२.

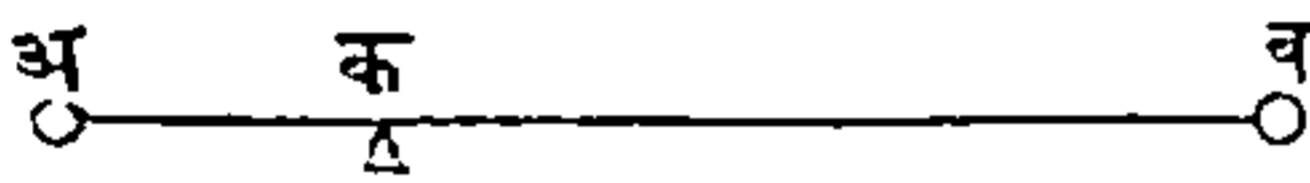


टोंकास पांच शेरांचें वजन वसविलें, आणि दुसऱ्या टोंकास एक शेराचें वजन वस-

विलें, तर क विंदु मोठ्या वजनापासून जितका लांब आहे, त्याचा पांचपट लांब लहान वजनापासून तो असल्यावर त्यापासून ती काठी उचलिली असता ती समतोल राहातील; परंतु अ आणि ब पदार्थांचे आकार बरोबर नाहीत तथापि त्यांची प्रकृतिपरिमाणे आणि वेग यांचे गुणाकार बरोबर आहेत, यामुळे त्यांची तुलना घडत्ये. हा विषय पुढील अध्यायांत विस्ताराने सांगितला आहे.

अ आणि ब हे दोन पदार्थ समान नसून जर त्यांचा

आकृति ५३.

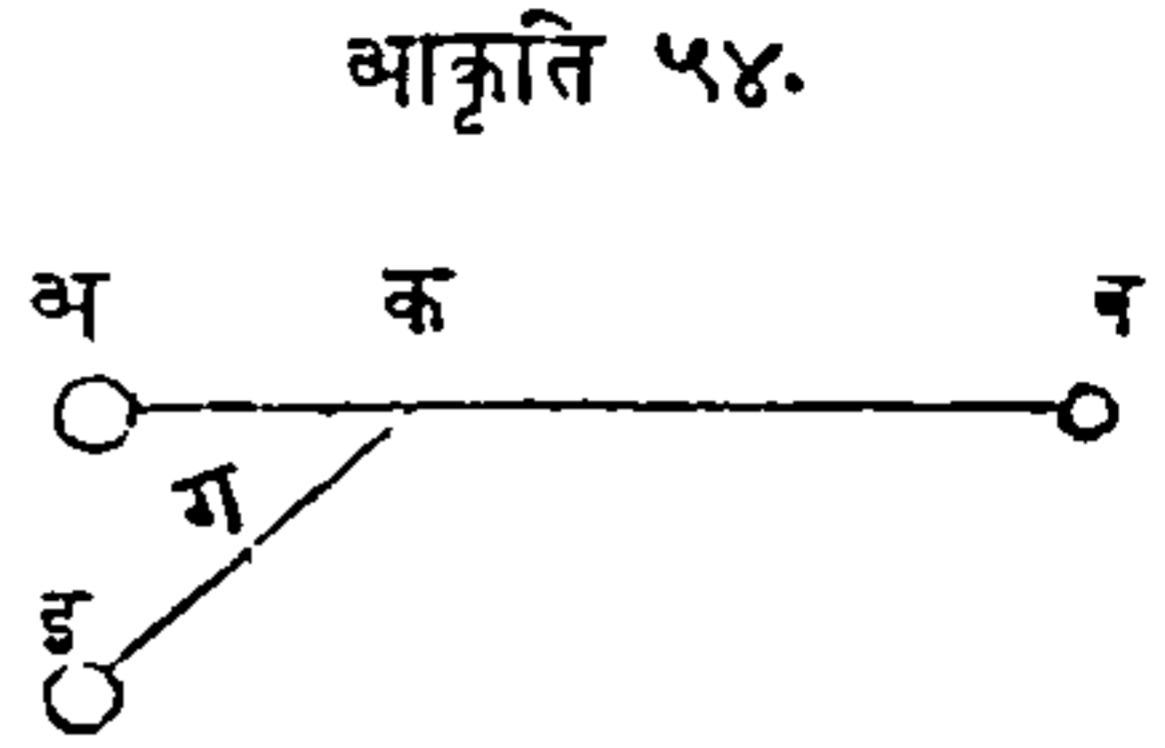


गुरुत्वमध्य काढायाचा असेल, (आकृति ५३) तर प्रत्येकाचा गुरुत्वमध्य सांघणारी जी रेघ तीत असा

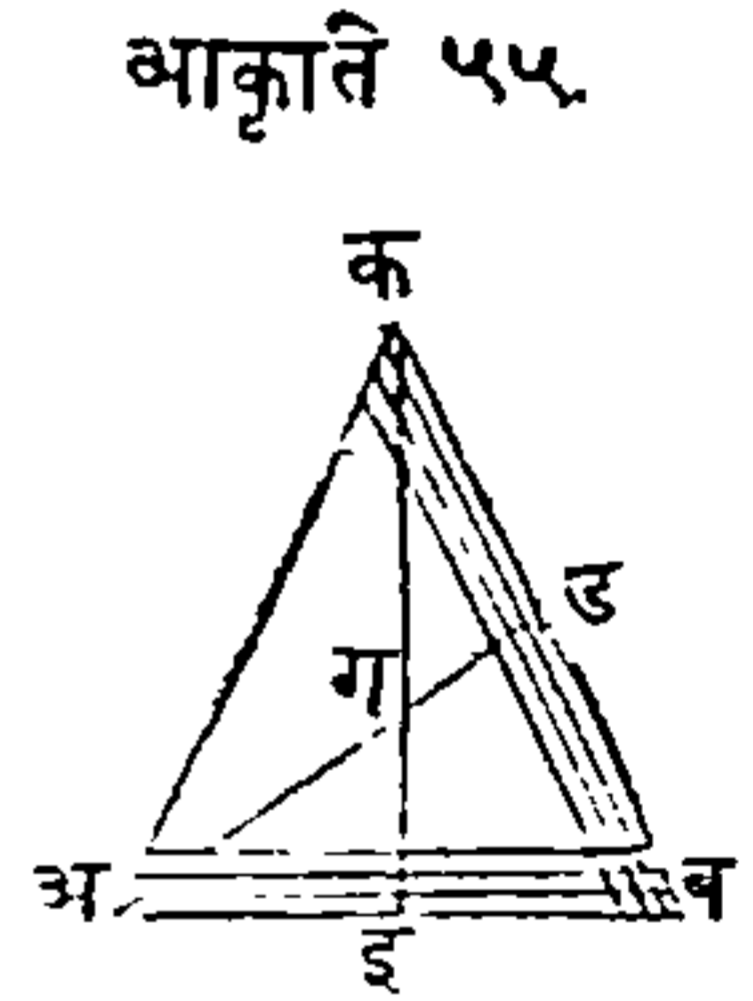
एक विंदु शोधून काढावा कीं त्या पदार्थांचा मध्यांपासून ह्या विंदूचे अंतर, त्यांचा प्रकृतिपरिमाणाशी उलट्या प्रमाणांत होईल, ह्मणजे ब ला जसा अ प्रमाण आहे तशी अ क ला ब क रेघ प्रमाण होईल; यामुळे अ आणि अ क यांचा गुणाकार, ब आणि ब क यांचा गुणाकाराबरोबर होईल; ह्मणून प्रत्येकाचा वेगाघातही बरोबर होईल, आणि जापेक्षां क विंदूभोवतीं अ आणि ब परस्परांस तोलून धरितात, यामुळे तो विंदु अ आणि ब यांचा गुरुत्वमध्य आहे.—

पुनः अ, ब आणि इ या (आकृति ५४) तीन पदार्थांचा गुरुत्वमध्य याचप्रमाणें काढितां येईल पूर्वीप्रमाणें अ आणि ब यांचा गुरुत्वमध्य क आहे, आणि जर इ क सांधिले, आणि इ क रेघेचे दोन भाग ग विंदूंत केले,

ते असे कीं अ आणि ब यांचा बेरिजेस जशी इ प्रमाण, तशी इ ग रेघ क ग रेघेशीं प्रमाण होईल, तर ग बिंदूभोंवतीं सर्व समतोल रहातील ; यावरून त्या तीन पदार्थांचा गुरुत्वमध्य ग बिंदु आहे. याप्रमाणें पदार्थसमुदायाचा गुरुत्वमध्य काढितां येईल.—



त्रिकोणाचा गुरुत्वमध्य या पुढील रीतीनें निघतो. अबक (आकृति ५५) एक त्रिकोण आहे ; त्याचा दोन बाजू दुभागून अ ड आणि क इ रेघा काढ, तर त्या दोन रेघांचा जो ग छेदनबिंदु, तो त्या त्रिकोणाचा गुरुत्वमध्य होईल ; नंतर अ ब शीं समांतर रेघा कर त्या सर्व रेघा क इ नें दुभागिल्या जातील हें स्पष्ट आहे. यामुळें गुरुत्वमध्य क इ रेघेंत असेल. आतां अ ब शीं समांतर रेघांनीं सर्व त्रिकोण झाला आहे, अशी कल्पना करितां येईल, यावरून त्रिकोणाचा गुरुत्वमध्य क इ रेघेंत आहे असें दिसेल ; याच रीतीनें तो गुरुत्वमध्य अ ड रेघेंत आहे असें दिसेल, आणि तो दोन ठिकाणीं असत नाही, ह्मणून क इ आणि अ ड या रेघांचा जो ग छेदनबिंदु तो त्या त्रिकोणाचा गुरुत्वमध्य असावा.—



## अध्याय ७.

### मूलयंत्रे.

मूलयंत्रे ह्यणजे सार्धीं यंत्रे आहेत; त्यांचा सहायाने एकाद्वे वजन उचलण्यास अथवा प्रतिबंध दूर करण्यास जी शक्ति लागेल, तिहून अधिक शक्ति यांचा सहायावाचून तेंच वजन उचलण्यास लागेल.—

एकमेकास प्रतिबंधक अशा प्रेरणा जेव्हां पदार्थावर घडतात, तेव्हां तो पदार्थ स्थिर रहातो; अशा पक्षां जा प्रेरणा परस्परांशीं तुल्य होतात, त्यांचा संबंधाचा मात्र विचार करावा लागतो; यंत्रशास्त्राचा या भागांत तुल्यप्रेरणांचा क्रियांचा विचार सांगितला आहे, ह्यणून तो भाग स्थिरताप्रकरणांतिल आहे. आणि जेव्हां स्थिर पदार्थावर एक किंवा अधिक प्रेरणा होऊन त्याचा आंगीं चलन उत्पन्न होतें, तेव्हां त्या पदार्थाची चलनदिशा, वेग, आणि चलनाची कालमर्यादा या तीहींचा विचार करावा लागतो, आणि जा भागांत या गोष्टींचें विवेचन केले आहे तो भाग चलनप्रकरणांत येतो.—

यंत्रे नवी शक्ति उत्पन्न करित नाहींत, परंतु शक्तीस एका पदार्थांतून दुसऱ्या पदार्थांत नेतात, अथवा तिचा कांहीं रूपभेद करितात; एकाद्या वजनावर अथवा प्रतिबंधावर शक्तीची योजना यंत्राचा योगाने सुलभ आणि स्वार्थकारक असून हव्या त्या वाजूने करितां येत्ये, तशी यांचा सहायावाचून होण्यास केवळ अशक्य आहे. जर



मनुष्य आपल्या सर्व शक्तीने १०० शेरांचें वजन एक सेकंदांत कांहीं उंच उचलितो, तर १००० शेरांचें वजन त्याच काळांत आणि तितक्याच उंचीवर उचलण्याचें सामर्थ्य त्याचा आंगीं आणणारें असें एकही यंत्र नाही; ह्मणून त्या वजनाचें दहा भाग करून एक एक भाग वर उचलिला पाहिजे; जरी तें वजन एकदांच उचलण्याचें सामर्थ्य त्याचा आंगीं यंत्रानें येईल, तरी १०० शेरांचें वजन हातानें उचलण्यास जो काळ लागेल त्याचा दसपट काळ त्या यंत्राने लागेल.—

कोणीएक मनुष्य ४० शेरांचें वजन भूमीवरून उचलून तीन फुटी उंचावर ठेवायास इच्छितो, तर तें वजन लहान आहे, ह्मणून नुसत्ये हातांनीं उचलून त्या ठिकाणीं ठेवितां येईल; जसे त्या मनुष्याचे हात वर होतात, तसें त्याचा हातांतील वजन वर होतें, यामुळें या पक्षां पदार्थाचा गमनाचा वेग प्रेरणेचा बरोबर आहे हें स्पष्ट आहे. परंतु जर त्यास कांहीं मोठें वजन उचलायाचें असेल, ह्मणजे ६०० शेरांचें वजन त्याच ठिकाणीं ठेवणें असेल तर, या पक्षां यंत्राचा सहायाची गरज पडेल, त्या यंत्राचा योगानें त्याचा शक्तीची योजना अशी होईल कीं, ६०० शेरांचा वजनापेक्षां ४० शेरांचें वजन जितकें कमी आहे, तितका ४० शेरांचा वेगापेक्षां या मोठ्या वजनाचा वेग कमी होईल, ह्मणजे या पक्षां पंध्रापट कमी होईल. परंतु हें वजन पंध्रापट जड आहे, यामुळें वरचा उदाहरणांत सिद्ध केल्यावरून तें पंध्रापट हळू चालेल.

यंत्राचा गणितरूप विचारांत, त्याचे अवयव, घर्षण

व्यतिरिक्त आणि केवळ ताठ आहेत असे कल्पिले असते, आणि त्यांचा आंगी वजन अथवा जडता ही नाही असेही मानिले असते. दोर आणि दोऱ्या अगदी नरम आहेत असे कल्पितात; आणि जेव्हां यंत्र चालते, तेव्हां त्यास हवेपासून कांहीं प्रतिबंध होत नाही असे मानावे लागते. यंत्राची योजना कशी करावी हे समजण्यासाठी या पुढील चार वस्तूंचा विचार केला पाहिजे; प्रथम, जो कांहीं भार किंवा वजन उचलावयाचे असते ते; दुसरी, त्या भारास किंवा वजनास उचलून धरणारी जी मनुष्य, घोडा अथवा वाफ इत्यादिकांची शक्ति कामांत घेतात ती; तिसरी, आधार अथवा टेकू; चवथी, उचलायाचे वजन किंवा भार आणि शक्ति यांचे वेग. जे वजन उचलायाचे असते त्यास उच्चाल्यवजन असे म्हणतात; आणि जी शक्ति त्या वजनास तोलून धरित्ये तीस उच्चालकशक्ति असे म्हणतात.

मूळ यंत्रे तीन आहेत;

१ उच्चालक.

२ कप्पी अथवा दोरी.

३ उतरण.

कांहीं ग्रंथकर्त्यांनी यांस मुख्य मूळयंत्रे असे म्हटले आहे, आणि त्यांतील पहिल्याचा आणि तिसऱ्याचा योगाने दुसरी तीन शाली आहेत.

१ आंसास खिळलेले चाक, हे उच्चालकापासून शाले आहे.

२ पाचर अथवा खीळ, ही उतरणीपासून झालेली आहे.

३ मळसूत्र, हें उतरणीपासून झालें आहे.

या तिहींस गौण मूळयंत्रें ह्मणतां येईल.—

कोणत्या जातीचें कसेंही विक्रट यंत्र असो, तथापि तें या सहा मूळ यंत्रांपासून झालें आहे असें दाखवितां येईल.

## उच्चालक.

सर्व यंत्रांत अतिशय सार्धें यंत्र उच्चालक आहे; लोखंडाची, लांकडाची अथवा दुसऱ्या कांहीं पदार्थाची काठी अथवा दांडा उच्चालक आहे, आणि त्यास आधार देण्याकरितां एक त्रिंदूरूप टेंकू असतो, त्यावर तो फिरतो.

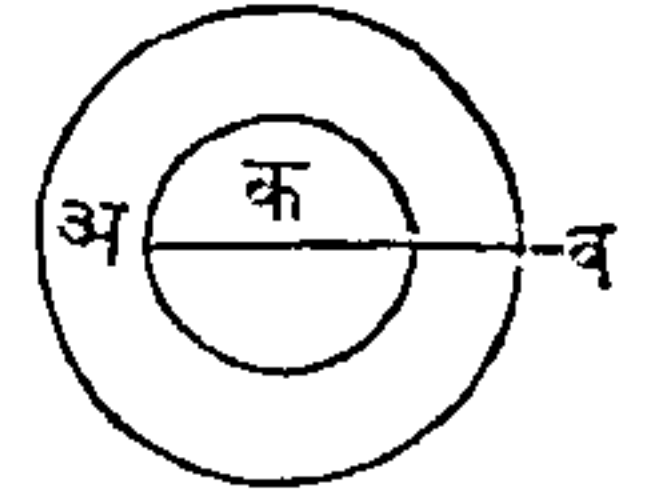
उच्चालकाचा विचार करण्याचा पूर्वी उच्चालक शक्ति, टेंकू आणि उच्चाल्यपदार्थ, या तीन वस्तूंचा विचार प्रथम केला पाहिजे. उच्चालकशक्ति ह्मणजे, जी शक्ति उच्चाल्यपदार्थास उच्चलित्ये अथवा आधार देत्ये ती; टेंकू ह्मणजे, धीर किंवा आधार आहे; आणि उच्चाल्यपदार्थ ह्मणजे, वजन इत्यादि जो उच्चलून धरण्याचा किंवा दूर सारण्याचा पदार्थ असतो तो. खरें ह्मटलें असतां उच्चाल्यपदार्थ आणि उच्चालकशक्ति या दोन्ही प्रेरणा आहेत, परंतु त्यांत कांहीं भेद दाखविण्याकरितां हीं त्यांस निरनिराळीं नावें दिलीं आहेत.

तराजूचा दांडीसारखा जेव्हां उच्चालक, एकाद्या

आंसाभौवता फिरतो, तेव्हां तो आंस किंवा मध्य यापासून जशीं त्याचा निरनिराळ्या भागांचीं अंतरें असतील, त्या प्रमाणें त्या भागांचें वेगही भिन्न होतील; या प्रतिज्ञेची सत्यता पुढील उदाहरणावरून एकदांच दिसून येईल.

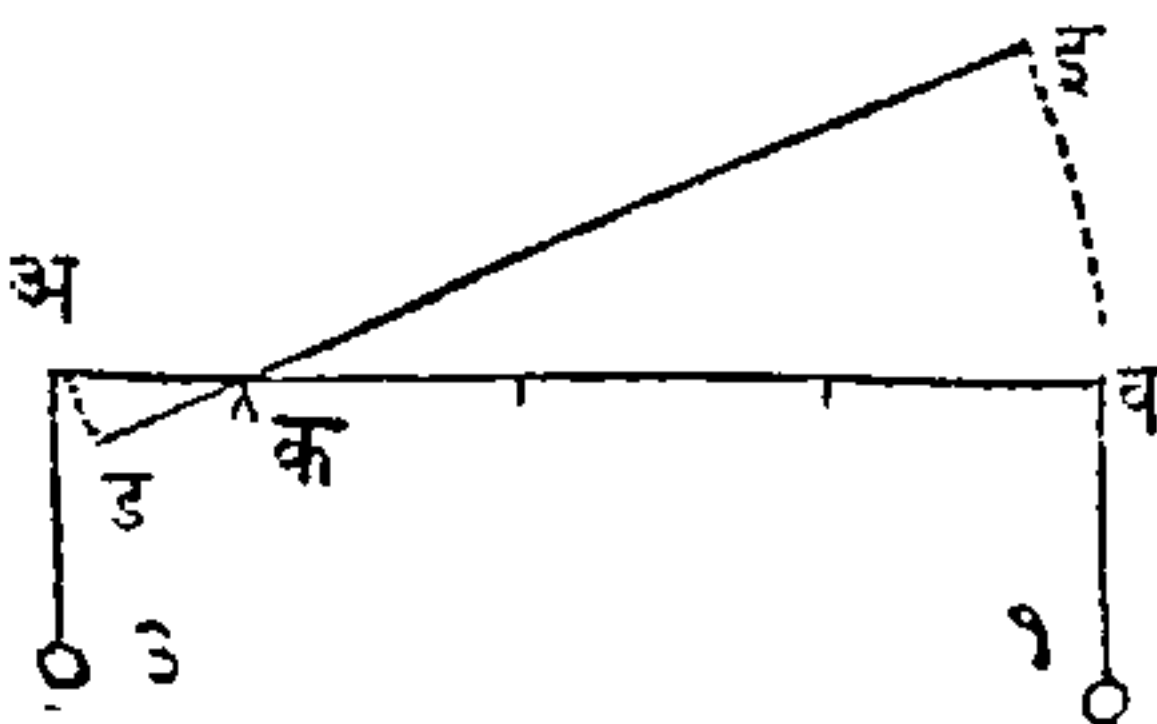
अ व एक सरळ उच्चालक आहे, आणि तो क टेंकू-भौवतीं फिरतो; त्या उच्चालकाचा अ क आणि क व वाजुंचा फिरण्यानें क विंदूभौवतीं वर्तुळ कौंस होतात, ते कौंस त्या वाजुंचा लांब्यांशीं प्रमाणांत असतात. जा स्थळांतून त्या वाजुंचें गमन होतें त्या स्थळांशीं त्यांचे वेगही प्रमाणांत असतात, ह्मणजे ते वेग त्या कौंसांशीं प्रमाणांत असतात, यामुळे अ क पेक्षां क व वाजू जितकी अधिक लांब असेल, त्या प्रमाणानें व विंदूचा वेग अ विंदूचा वेगापेक्षां अधिक होईल, अथवा दुसऱ्या तऱ्हेनें ह्मटलें असतां वाजू जितकी लांब असेल, तितका वेग अधिक होईल.

आकृति ५६.



पुढील ५७ व्या आकृतींत अ व एक उच्चालक आहे आणि तो क टेंकूवर ठेविला आहे, त्याची व क वाजू तीन इंच, आणि अ क वाजू एक इंच लांब आहे, मनांत

आकृति ५७.



आण कीं अ टोंकाशीं तीन तोळ्यांचें वजन टांगीलें आहे, आणि व टोंकाशीं दुसरें एक तोळ्यांचें वजन आहे, यावरून वजनें आणि टेंकूपासून त्यांचीं अंतरें हीं परस्परांशीं उ-

लव्या प्रमाणांत होतील. यापक्षां अ व उच्चालक कोण-  
 त्येही वाजूस झुकरणार नाहीं, तो समतोल राहिल; कारण  
 कीं मोठ्या वजनाचा भारामुळे तोंकडी वाजू खालीं दवत्ये,  
 तेव्हां तिचा गमनापासून अ ड कौंस होतो, आणि त्या  
 वजनानें ब टोंक उंच होतें, तेव्हां त्याचा गमनानें व इ  
 कौंस होतो; आणि अ क आणि ब क वाजूंशीं अड  
 आणि ब इ कौंस प्रमाणांत आहेत, यामुळे ते कौंस १ :  
 ३ या प्रमाणांत होतील; यावरून अ टोंकाजवळचें तीन  
 तोळ्यांचें वजन अ ड स्थळांतून चालतें तें स्थळ १ असें  
 कल्पिलें आहे; आणि त्याच समयां ब टोंकाजवळचें एक  
 तोळ्याचें वजन ब इ स्थळांतून जातें तें इ व स्थळ ३ आहे;  
 हे त्या दोन्हीं वजनांचे जाण्याचे कल एकमेकांस प्रतिबंध  
 करितात, अथवा एकमेकांचा नाश करितात, ह्मणजे दोन्हीं  
 वजनांचे वेगाघात बरोबर असून त्यांचे शौंक एकमेकांशीं  
 उलटे आहेत, यामुळे त्या वजनांतून कोणतेही खालीं किंवा  
 वर होणार नाहीं, परंतु तीं दोन्ही स्थिर राहातील.

अ व एक उच्चालक आहे, त्यास टेंकूवर ठेवून फिर-  
 विल्यानें त्याची स्थिति ड क रेघेप्रमाणें आहे असें मनांत

आण, (आकृति ५८); तर

चलनमध्यापासून ड टोंक लांब

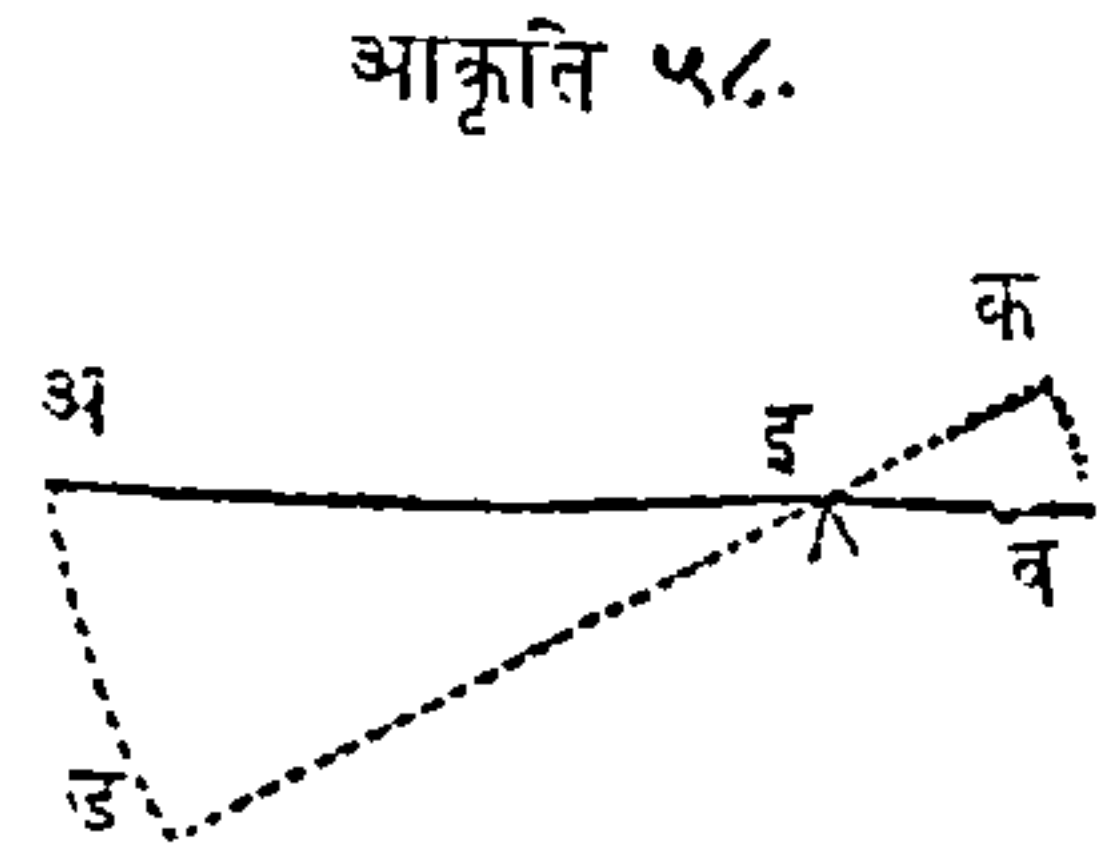
आहे, आणि जां काळांत ब क

कौंसांतून ब टोंकाचें गमन

घडतें त्याच काळांत अ ड

कौंसांतून ड टोंकाचेंही गमन

घडतें, यावरून अ चा वेग ब चा



चा वेगापेक्षां अवश्य अधिक



असावा हें उघड आहे. परंतु वेगाघात ह्यगजे वेग आणि वजन यांचा गुणाकार आहे, ह्यणून कांहींएक गुणाकार येण्यासाठी, वेग मोठा असला तर वजन लहान असावें. यावरून अ चा वेग मोठा आहे, ह्यणून तुलना होण्याकरितां त्यास ब पेक्षां वजन लहान लागेल. वर्तुळांचा त्रिज्या त्यांचा परिघांशीं प्रमाणांत असतात, तशाच त्या त्रिज्या वर्तुळांचा सरूप भागांशींही प्रमाणांत असतात; आतां अ ड आणि ब क कौंस सरूप आहेत, यावरून त्या दोहोंत जें प्रमाण आहे तेंच प्रमाण, ड इ आणि इ क त्रिज्या किंवा बाजू यांतही असेल; आणि अ ड आणि ब क स्थळांतून उच्चालकाचा टोंकांचें गमन एका काळांत झालें, आणि तीं स्थळे अथवा कौंस, त्या टोंकांचा वेगांचे दर्शक आहेत, यावरून ड इ आणि इ क बाजूही त्या वेगांचा दर्शक होतील. या सर्व गोष्टींवरून हें स्पष्ट आहे, कीं अ इ बाजू आणि अ शक्ति यांचा गुणाकार, इ ब बाजू आणि ब वजन यांचा गुणाकाराबरोबर होतो, तेव्हां तुलना होये; ह्यणून इ ब बाजू जितकी लहान असेल, तितकें ब वजन मोठें असावें; ह्यगजे उच्चालक-शक्ति आणि उच्चाल्यवजन हीं टेंकूपासून आपआपल्या अंतराशीं उलट्या प्रमाणांत असावीं. उदाहरण, टेंकूपासून उच्चालकशक्तीची अ इ लांबी १० इंच आहे असें मनांत आण, आणि टेंकूपासून उच्चाल्यवजनाचें इ ब अंतर ५ इंच आहे, ब टोंकाजवळचें वजन ४ तोले आहे असें घे; तर अ टोंकावर लावण्याची उच्चालकशक्ति २ तोळ्यांची असावी, कारण कीं, टेंकूपासून उच्चाल्यवज-

नाचें अंतर ५ इंच आहे, आणि त्याचें वजन ४ तोळे आहे, तेव्हां यांचा गुणाकार वीस आहे, (५×४=२०) पुनः टेंकूपासून उच्चालकशक्तीचें अंतर १० इंच आहे, ह्मणून वरचाइतका गुणाकार येण्यासाठीं त्यांस २ नीं गुणिलें पाहिजे, ह्मणजे (१०×२=२०) असें असल्यानें मात्र तुलना होत्ये.—

उच्चालक तीन प्रकारचे आहेत; उच्चालकशक्ति, उच्चाल्यवजन आणि टेंकू यांचा स्थानभेदेकरून हे प्रकार होतात.

पहिल्या प्रकारचा उच्चालकांत, उच्चालकशक्ति आणि उच्चाल्यवजन यांमध्ये टेंकू असतो.

दुसऱ्या प्रकारचा उच्चालकांत, टेंकू आणि उच्चालकशक्ति यांमध्ये उच्चाल्यवजन असतें.

तिसऱ्या प्रकारचा उच्चालकांत टेंकू आणि उच्चाल्यवजन यांमध्ये उच्चालकशक्ति असत्ये.—

उच्चालकाचा मुख्य नियम या पुढीलप्रमाणें आहे; ह्मणजे, उच्चालकशक्ति आणि उच्चाल्यवजन हीं टेंकूपासून आपआपल्या अंतरांशीं उलट्या प्रमाणांत असावीं, ह्मणजे एकाद्या उच्चाल्यवजनाशीं जी उच्चालकशक्ति समान होत्ये, ती जर लहान असली तर टेंकूपासून तिचें अंतर अधिक असावें. जेव्हां उच्चालकशक्तीचा वेगाघात, उच्चाल्यवजनाचा वेगाघातावरोवर असतो, तेव्हां तीं दोन्ही समतोल होतात.

## पहिल्या प्रकारचा उच्चालक.

पहिल्या प्रकारचा उच्चालकांत, उच्चालकशक्ति आणि उच्चाल्यवजन यांमध्ये टेंकू असतो. त्याचा उपयोग मोठ-मोठीं वजनं उचलण्यांत, दगड सोडविण्यांत इत्यादि कामांत लागतो; जेव्हां त्यास अशा तऱ्हेनें कामांत आणतात, तेव्हां त्यास तरफ ह्मणतात. पहिल्या प्रकारचा

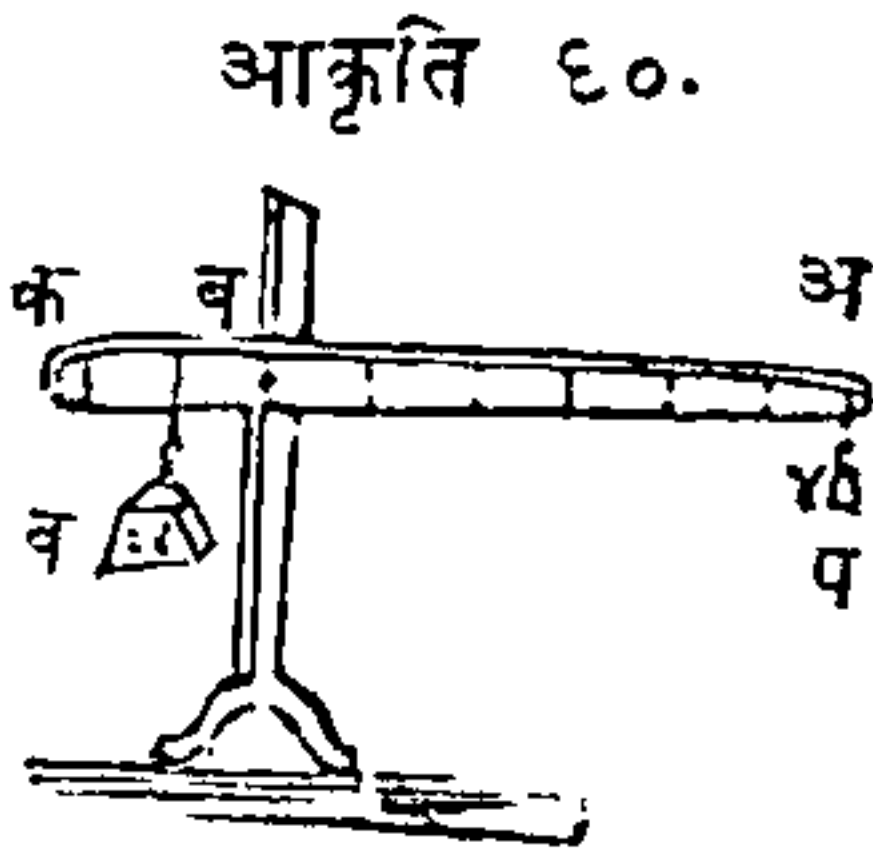
उच्चालक बाजूवरील (५९) व्या आकृतींत दाखविला आहे. जा टोंकास उच्चालकशक्ति किंवा प्रेरणा लागू करण्याची तें टोंक आकृतींत अ आहे, फ टेंकू अथवा आधार आहे, आणि ब उच्चाल्यवजन

आकृति ५९.



आहे. आकृतींत दाखविलेली फ पासून अ पर्यंत बाजूजितकी लांब असेल, त्याप्रमाणें ८५ पृष्ठावरील सांगितलेल्या रीतीवरून वजन उचलण्यास उच्चालकशक्ति थोडी पुरेल. त्याच आकृतींत जर फ क बाजूचे दुप्पट अ फ बाजू आहे, तर उच्चालकास दुप्पट शक्ति मिळाली असें ह्मणतात; ह्मणून अ वजन कितीही मोठें असो तथापि उच्चालकाचा सहायावांचून त्यास उचलण्यास जी शक्ति लागेल, तिचा निम्मे शक्ति अ टोंकावरून उचलण्यास पुरेशी होईल.— जर फ टेंकू ब वजनाकडे सारिला, असा कीं अ फ बाजू क फ बाजूचा दुप्पट होईल, तर उच्चालकाचा आंगीं दुप्पट सामर्थ्य येईल; आणि याप्रमाणें उत्तरोत्तर अधिक सारित गेलें असतां अधिक सामर्थ्य येत जाईल. असें जरी आहे तरी या पक्षां क टोंक जितकें

वर उंच होईल, त्याचा दसपट अ टोंक खाली होईल; यामुळे वजनास अति लहान चलन मिळेल. अ ब क



(आकृति ६० वी) ही उच्चालकाची दुसरी एक आकृति आहे, तींत ब टोंकू आहे, अ पासून ब पर्यंत उच्चालकाची लांब वाजू आहे, आणि ब पासून क पर्यंत तोंकडी वाजू आहे. अ टोंकावर भार घालणारी

उच्चालकशक्ति प आहे. तोंकड्या वाजूवर ब स्थळीं टांगिलेले उच्चाल्यवजन व आहे.

प वजन लहान असतां त्याचा योगानें व अति मोठें वजन तोलितां याचें हा या उच्चालकाचा उद्देश आहे. सर्व पक्षांत जर उच्चालकशक्तीचा वेगाघात, उच्चाल्यवजनाचा वेगाघातावरोवर असेल, तर ती उच्चालकशक्ति उच्चाल्यवजनास तोलून धरील. उच्चालकशक्ति आणि टोंकपासून तिचें अंतर हीं दोन्ही गुणिलीं असतां उच्चालकशक्तीचा वेगाघात निघतो; आणि उच्चाल्यवजन आणि टोंकपासून त्याचें अंतर हीं गुणिल्यानें उच्चाल्यवजनाचा वेगाघात निघतो. ह्मणजे, प वजनांत जितके तोळे असतील त्यांस अ ब रेषेंतील सर्व इंचांनीं गुणून जो गुणाकार येईल, तो गुणाकार, ब वजनांतील तोळे आणि ब क रेषेंतील इंच यांचा गुणाकारावरोवर होईल, तर तुलना होईल. उदाहरण, मनांत आण कीं प वजन ४ तोळे आहे, आणि अ पासून ब पर्यंत अंतर ६ इंच आहे, या दोहोंचा गुणाकार २४ आहे आणि जर व वजनांत २४ तोळे आहेत,

त्यांस ब पासून क पर्यंत जें १ इंच अंतर आहे त्याणें गुणिलें, तर गुणाकार २४ होईल; यावरून उच्चालक समतोल राहिल. त्याचप्रमाणें जर उच्चालकाचा तोंकड्या वाजूचा टोंकास २४ तोळ्यांचें वजन टांगिलें आहे, आणि टेंकूपासून त्याचें अंतर २ इंच आहे, आणि उच्चालकाचा लांब वाजूस किती वजनाची उच्चालकशक्ति असावी हें समजण्याची माझी इच्छा आहे, तर २४ तोळ्यांचें वजन आणि टेंकूपासून त्याचें अंतर हीं परस्पर गुणितों, तेणेंकरून त्याचा वेगाघात  $४८$  येतो,  $(२४ \times २ = ४८)$  नंतर लांब वाजूंत  $६$  इंच आहेत, त्यांणीं वरचा गुणाकार भागितों, तेव्हां भागाकार  $८$  येतो,  $(६ \times ८ = ४८)$  ह्मणून २४ तोळ्यांचें वजन तोलून धरण्यास, मोठ्या वाजूचा टोंकास लावण्यास जी उच्चालकशक्ति पाहिजे ती  $८$  आहे. वरचा सर्व कारणावरून ही पुढील रीति काढितां येथे; “उच्चाल्यवजन आणि टेंकूपासून त्याचें अंतर हीं दोन्ही गुण, नंतर उच्चालकशक्ति आणि टेंकूपासून तिचें अंतर यांचाही गुणाकार कर, आणि जर हे दोन्ही गुणाकार बरोबर येतील, तर उच्चाल्यवजन आणि उच्चालकशक्ति हीं एकमेकास तोलून धरतील.” यावरून असा निर्णय होतो कीं, जेव्हां मोठें वजन उच्चलण्याकरितां लहान वजनाची गरज असते, तेव्हां टेंकूपासून, उच्चालकशक्ति लांब अथवा उच्चाल्यवजन टेंकूजवळ अवश्य असावें. यंत्रशास्त्रांत जा कारणावरून अशीं कार्यें होतात, त्यास विर्तुअल्विलोसितीचा नियम ह्मणतात. ह्मणजे कांहीं काळांत एका लहान वजनाचें गमन मोठ्या

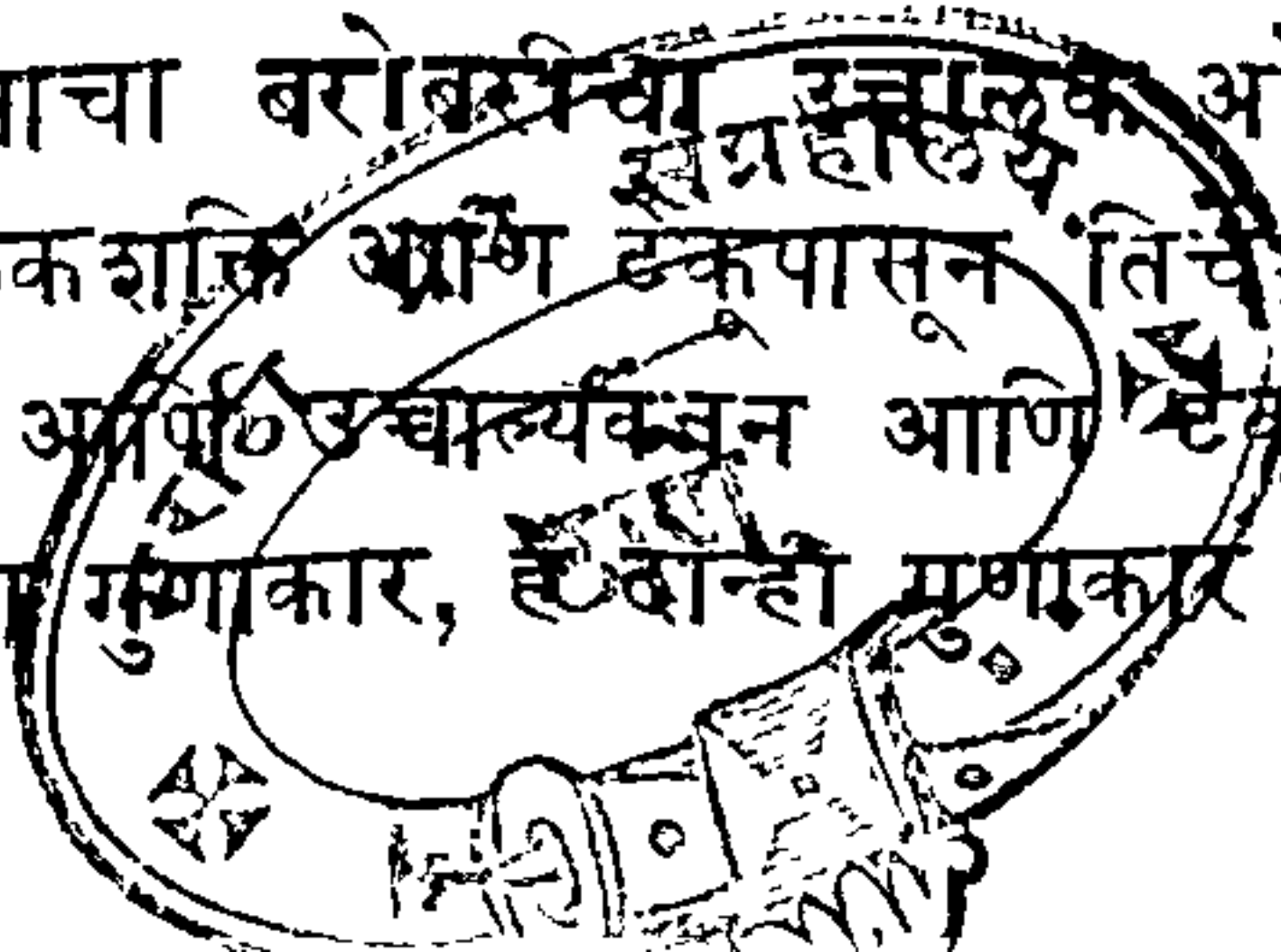


स्थळांतून होतें आणि एका मोठे वजनाचें गमन तित-  
क्याच काळांत लहान स्थळांतून होतें, या दोहोंचीं फळे  
तुल्य होतात; अथवा हाच अर्थ दुसऱ्या शब्दांनीं याप्र-  
माणें लिहितां येतो; ह्मणजे, वेग अथवा काळ यांत जित-  
का नफा होतो तितका शक्तीचा नाश होतो, ह्मणजे शक्ति  
अधिक लागले.

उच्चलावयाचें वजन आणि उच्चलणारी शक्ति यांत जें  
प्रमाण असतें, त्याप्रमाणें यंत्राचा गुण किंवा सामर्थ्य अ-  
सतें; आणि तें प्रमाण जसें अधिक किंवा उणें असतें  
त्याप्रमाणें यंत्राचा गुण किंवा सामर्थ्य अधिक किंवा  
उणें होतें. जसें एका उच्चालकांत जर १ शेराचें वजन  
१५ शेरांचा वजनास तोलून धरितें, तर या यंत्राचा गुण  
किंवा शक्ति १५ आहे; पुनः जर २ शेर वजनाची शक्ति २४  
शेरांचा वजनास तोलून धरिले, तर, २४ यांत २ वारावेळा  
जातात, ह्मणून या यंत्राचा गुण किंवा शक्ति १२ आहे.—

टेंकूचा संबधानें उच्चाल्यवजन आणि उच्चालकशक्ति  
यांचा स्थानभेद केल्यानें, उच्चालकाचा गुण किंवा शक्ति,  
यांत फेरफार करितां येईल. एखाद्या यंत्रांत उच्चालक-  
शक्ति आणि उच्चाल्यवजन यांतील प्रमाण कसेंही असो,  
तरी त्या दोहोंत तेंच प्रमाण राही अशी उच्चालकाची  
योजना करितां येईल. त्या यंत्राचा संबधानें अशा उच्चा-  
लकास यंत्राचा बरोबरीचा उच्चालक असें ह्मणतात.—

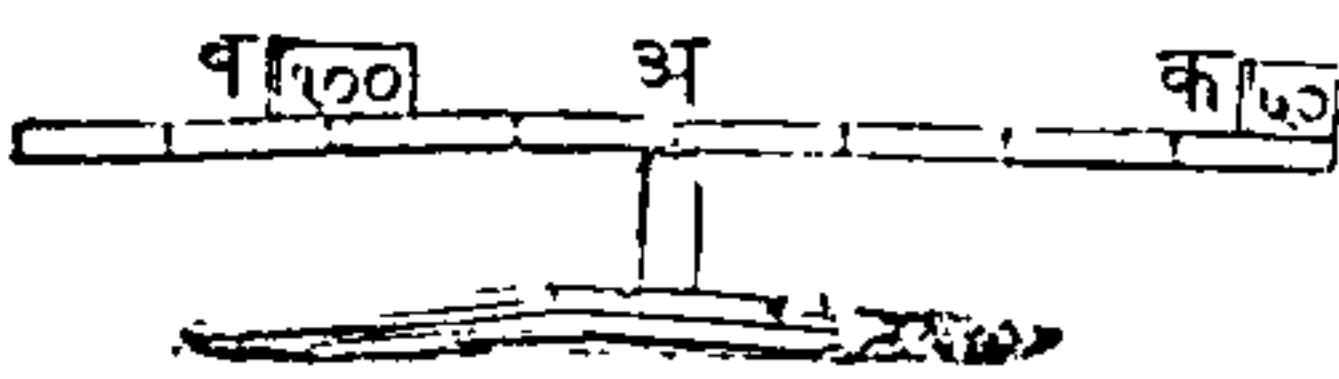
उच्चालकशक्ति आणि टेंकूपासून तिचे अंतर यांचा  
गुणाकार, आणि उच्चाल्यवजन आणि टेंकूपासून त्याचें  
अंतर यांचा गुणाकार, हे दोन्ही गुणाकार बरोबर असावे



हा सरळ उच्चालकाचा तुलनेचा मुख्य निर्वंध आहे; यावरून असे ठरते कीं टेंकूपासून उच्चालकशक्तीचें अंतर वाढविल्यानें, उच्चालकशक्ति कमी करितां येईल. याचप्रमाणें उच्चालकशक्ति आणि टेंकूपासून तिचें अंतर यांचा गुणाकारावरोवर, उच्चाल्यवजन आणि टेंकूपासून त्याचें अंतर यांचा गुणाकार होईल, अशा तऱ्हेनें टेंकूकडे उच्चाल्यवजन सारिलें, तरीही तुलना घडेल. उच्चालकशक्ति आणि उच्चाल्यवजन यांतील प्रमाणाची गणना करित्येसमयीं, उच्चालकाचा लांब आणि तोंकड्या बाजूचा विचार करण्यांत सावधगिरी ठेविली पाहिजे. कारण कीं, वजन आणि अंतर यांचा एकचा जाती कोणत्याही असल्या तरी चिंता नाही, परंतु ते एक दोहों बाजूंस सारिखे असावे; ह्मणजे, जर तोंकड्या बाजूचा लांबीचे एक इंच असले, तर लांब बाजूचा लांबीचे एक इंचच असावे. याचप्रमाणें जर एका बाजूचा वजनाचे एक तोळे असले तर दुसऱ्या बाजूचे एक तोळे असले पाहिजेत.

पहिल्या प्रकारचा उच्चालकाचें हें पुढील उदाहरण आहे. एक वजनानें जड आणि दुसरा वजनानें हलका

आकृति ६१.



असे दोन मुलगे, एका फळ्याचा दोन शेवटांवर बसले, तर फळें समतोल होण्याकरितां मोठ्या मु-

लास अ टेंकूजवळ यावें लागेल. मनांत आण कीं फळ्याची लांबी ८ फुटी आहे, आणि मुलांचा ठिकाणीं क आणि ब अशीं वजनें घे, तर ५० शेरांचें लहान वजन टेंकू-

पासून ४ फुटांवर आहे, ह्यगून त्याचा वेगाघात २०० आहे, कारण,  $(५० \times ४ = २००)$  आणि मोठे वजन १०० शेरांचे आहे, याजकरिता दुसऱ्या वजनास तेलून धरावे ह्यगून हे वजन टेंकूपासून २ फुटी लांब असावे; कां कीं,  $(२ \times १०० = २००)$  तर यावरून असे कळते कीं उच्चालकाचा जा वाजूस वजन टांगिले असते, ती वाजू दुसऱ्या वाजूचा पेक्षां जर २, ३, अथवा ४ पट लहान असेल तर प्रत्येक पक्षी तुलना होण्याकरितां, लांब वाजूचा टोंकावरचे वजन दुसऱ्या वाजूचा वजनापेक्षां २, ३, अथवा ४ पट हलके असावे.

व्यवहारांत या उच्चालकाचा आधारापासून झालेलीं अशीं यंत्रे नेहमी उपयोगांत येतात. लोखंडाचा बळकट खिळ्यावर ठेविलेला असा लांब उच्चालक युद्धप्रसंगीं तोफा मारण्यांत गोलंदाजांस लागतो.

गवंडी, पाथरवट, इत्यादि कारागिर लोक, मोठमोठीं वजनं थोड्या स्थळांतून उचलण्यासाठीं, तरफरूप उच्चालकाचा उपयोग करितात. दरवाजे, कुलपे, अथवा विजागरीं मोडण्यासाठीं चोर लहानसा खिळ घेतात.

भटांतील कोळसे सारण्याकरितां जी लोखंडाची शींग घेतात ती या विषयाचे एक उदाहरण आहे; तिला भटाची वाजू हा टेंकू आहे, व मनुष्याचा हाताचा दाब ही शक्ति आहे, आणि कोळसे हे उचलावयाचे वजन आहे. टेंकू आणि वजन ठेवण्याचे ठिकाण यांमधील अंतर, यापेक्षां टेंकू आणि शक्ति यांचे अंतर जितके मोठे असेल, त्याप्रमाणे या सर्व उदाहरणांत उच्चालकास शक्ति मिळेल.

जर उच्चालकाचा दोन्ही बाजू बरोबर असतील, अथवा शब्दभेदाने हल्ले असतां, जर उच्चालकशक्ति आणि उच्चाल्यवजन यांचा बरोबर मध्यभागीं टेंकू असेल, तर कांहीं स्वार्थ होणार नाहीं; कां कीं त्यांचें खालीं वर होणें एकाच काळांत आणि समान स्थळांतून होतें; आणि जेव्हां शक्ति प्राप्त होय तेव्हां काळ अधिक लागतो असें वर सांगितलें; परंतु या पक्षां वेळेचा तोटा झाला नाहीं यामुळे शक्तीचाही नफा झाला नाहीं. कापायाची कातर ह्मणजे वर सांगितलेल्या जातीचे दोन उच्चालक एका खिळ्याचा योगाने जोडिलेले असतात; जो खिळा त्यांस एकत्र जोडितो, तो त्या उच्चालकांचा टेंकू आहे; जा बोटांनीं कातर धरिली असत्ये तीं बोटें उच्चालकशक्तिस्थानीं आहेत; आणि जो पदार्थ कापायाचा असतो तो उच्चाल्यवजन अथवा प्रतिबंध असतो; यावरून कातरीचे दांडे जितके लांब असतील, आणि तिचीं टोंकें जितका तोंकडी असतील, त्याप्रमाणें कोणताही पदार्थ सहज कापितां येईल. दिव्याची कोजळी कापायाची कातर आणि पुष्कळ जातीचे चिमटे वरचा जातीचीं उदाहरणें आहेत. त्यांत मागल्या बाजूपेक्षां पुढली बाजू जितकी लाहान असत्ये तितकें त्यांचें सामर्थ्य अधिक असतें.—

पदार्थ तोलावयाची तराजू एक उच्चालक आहे; आणि जा विंदूवर तराजूची दांडी राहत्ये तो विंदु उच्चालकाचा टेंकू आहे, आणि परड्यांतील वजननें दोन प्रेरणा आहेत. उच्चालकाचा जा योजना आहेत त्यांतून ही एक सुंदर आणि उपयोगी योजना आहे. जेव्हां तराजूचा

परड्यांत सारिखीं वजनै असतात, तेव्हां दांडी सारिखी आडवी राहत्ये, कां कीं टेंकूपासूनचीं अंतरे समान वजनाने गुणिलीं असतां गुणाकार बरोबरच होतील, याजवरून परड्यांवर समान वजनाचे समान शौंक विरुद्ध दिशेंत घडतात, तेणेंकरून ते शौंक एकमेकांचा फलाचा नाश करितात, आणि तेणेंकरून परडीं रिकामीं असतांना जी त्यांची स्थिति असत्ये, त्या स्थितीप्रमाणें तीं राहतात. जेव्हां परड्यांत समान वजनै असतात तेव्हांच मात्र तराजू आडवी सारिखी राहत्ये हें उघड आहे; कारण कीं जर एक वजन दुसऱ्यापेक्षां अधिक असेल, तर तराजू मोठ्या वजनाकडे झुकेल.

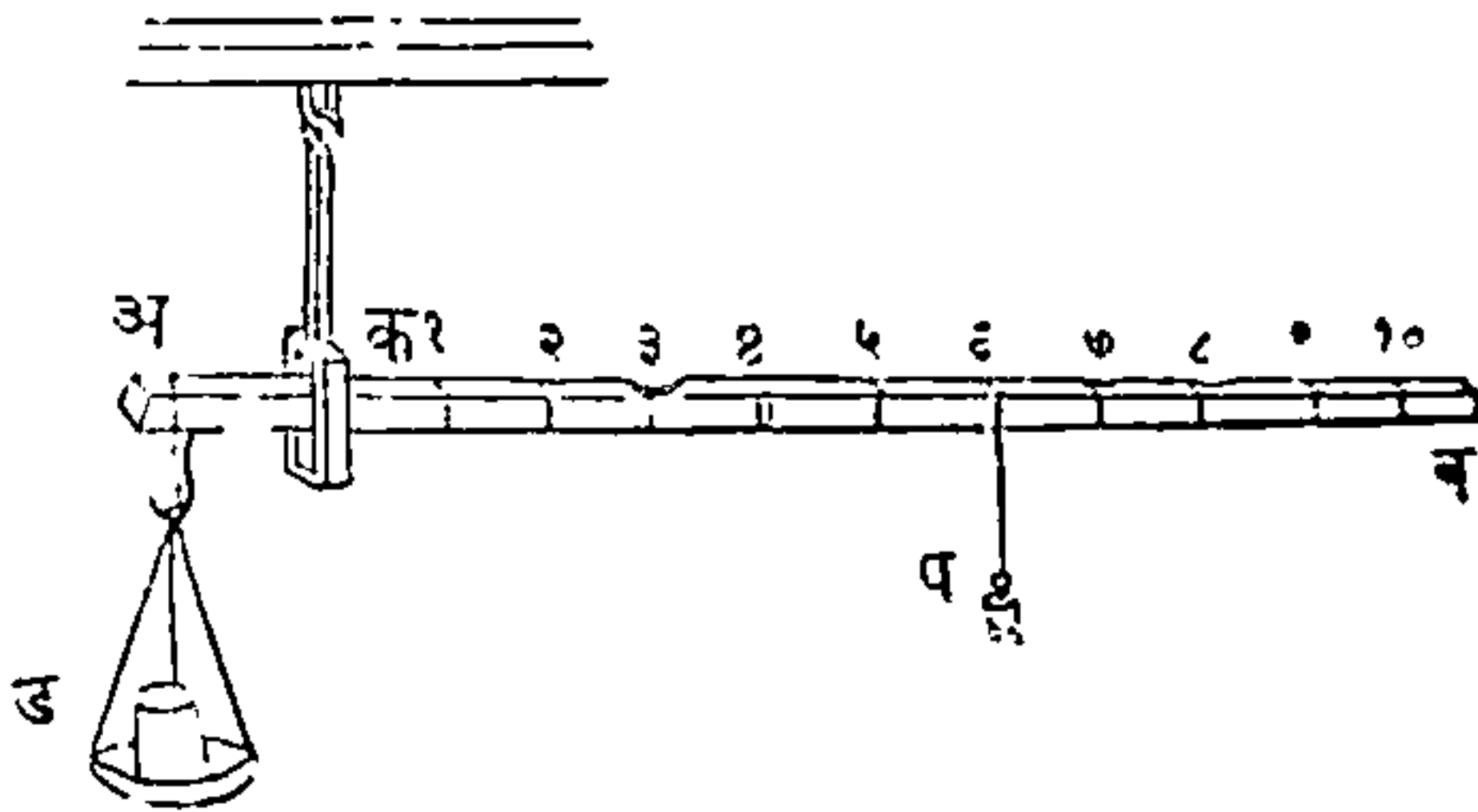
ठकविण्याचा हेतूनें कृत्रिमी तराजू नेहमी करितात, त्यांत तोलायाचा पदार्थ ठेवायाची वाजू, दुसऱ्या वजन ठेवायाचा वाजूपेक्षां लांब असत्ये, त्यामुळें एक वाजू दुसऱ्यापेक्षां जितकी लांब असत्ये, तितका एकादा पदार्थ कमी तोलला जातो. तोलण्याचा पदार्थ आणि वजन यांचा पालट केल्यानें तराजूचा खोटेपणा समजांत येतो. जर पदार्थाचें खरें वजन काढण्याचें आहे, तर तें या पुढील कृतीनें काढितां येईल; पदार्थ दोहों परड्यांत वजन करावा आणि त्या वजनांचा गुणाकार करून त्या गुणाकाराचें वर्गमूळ काढावें तें त्या पदार्थाचें खरें वजन होईल.— जसें एक पदार्थ एक परड्यांत १२ शेर भरतो, आणि तोच दुसऱ्यांत  $4\frac{1}{3}$  शेर भरतो; तर १२ आणि  $4\frac{1}{3}$  यांचा गुणाकार १०० आहे, आणि त्याचें वर्गमूळ १० आहे,



कारण १० त्यांनीं तेच गुणिले असतां १०० होतात, यामुळे त्या पदार्थांचें खरें वजन १० शेर आहे.—

स्टीलयार्ड ह्मणून एक तराजूचा भेद आहे, आणि त्याची प्रघात रोमन लोकांत फार होती यामुळे, त्यास कांहीं ग्रंथकर्ते रोमन तराजू असें ह्मणतात, ती या जातीचा उच्चालकाचें दुसरें एक उदाहरण आहे. त्या तराजूंत एक उच्चालक असतो, त्याची एक वाजू लांब, आणि दुसरी वाजू तोंकडी असत्ये; त्याचा दांडीवर भागचिन्हें केलेलीं असतात; आणि ती दांडी (६२ आकृति) क टें-

आकृति ६२.



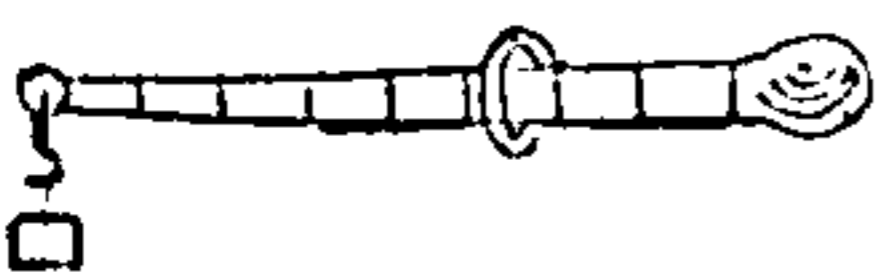
कूवर फिरत्ये, त्या दांडीची तोंकडी वाजू अ आहे, आणि लांब वाजू ब आहे, तोलावयाचे पदार्थ ठेवण्याचें परडें ड आहे, आणि प एक लहान वजन आहे, तें भागिलेल्या दांडीवरून सरतें; परड्यांतील वजन जितकें जड असतें त्याप्रमाणें प वजनास टेंकूपासून दूर सारावें लागतें; आणि परड्यांतील वजनास तेलून थरोल अशा ठिकाणीं जेव्हां त्या लहान वजनास नेऊन ठेवितात त्या ठिकाणींचा अंक त्या पदार्थाचें वजन दाखवितो. उदाहरण, जर प वजन

एक शेर असून तें ६ व्या अंकाशीं आहे तर, तें आपल्या साहापट वजनास अथवा ६ शेर वजनास परड्यांत तोलून धरील हें उघड आहे.—

चिनईलोक लहान पदार्थ नाजूक स्तीलयार्डानें तो-  
लितात; त्याची दांडी लांकडाची असत्ये, आणि ती सु-  
मारें ६ इंच लांब असत्ये, आणि तीस एक भोंक पाडून  
त्यांतून बारीक रेशिमाची दोरी घातलेली असत्ये, ती  
टेंकूचें काम करित्ये, त्याजबरोबर एक लहान वजन अ-  
सतें, तें त्या दांडीवरून हवें तिकडे सारितां येतें, आणि  
तोलण्याचे पदार्थ ठेवण्याकरितां दांडीचा तोंकड्या बाजूस  
एक लहानसें परडें असतें.—

डेनिश लोकांची तराजू ही स्तीलयार्ड्याचा एक प्र-  
कार आहे त्यांत वजनाचें स्थान बदलावें तें न बदलतां  
टेंकूचें स्थान बदलतें. ती तराजू अगदीं साधी आहे.  
त्यांत एका लोखंडाचा दांडीचा एका टोंकास वजन ब-  
शिल्लेलें असतें आणि दुसऱ्या टोंकास आंकडा असतो,  
व एक कडी दांडीवरून सरत्ये, ती टेंकूचें काम करित्ये,  
तिचा योगानें सर्व उचलून धरितात. तोलण्याचा पदार्थ  
आंकड्यास टांगितात, आणि तुलना होईपर्यंत टेंकू सा-  
रितात; नंतर दांडीवरचा भागचिन्हावरून वजन किती  
आहे तें समजतें. या तराजूचा आंकड्यास अनुक्रमाने

आकृति ६३.

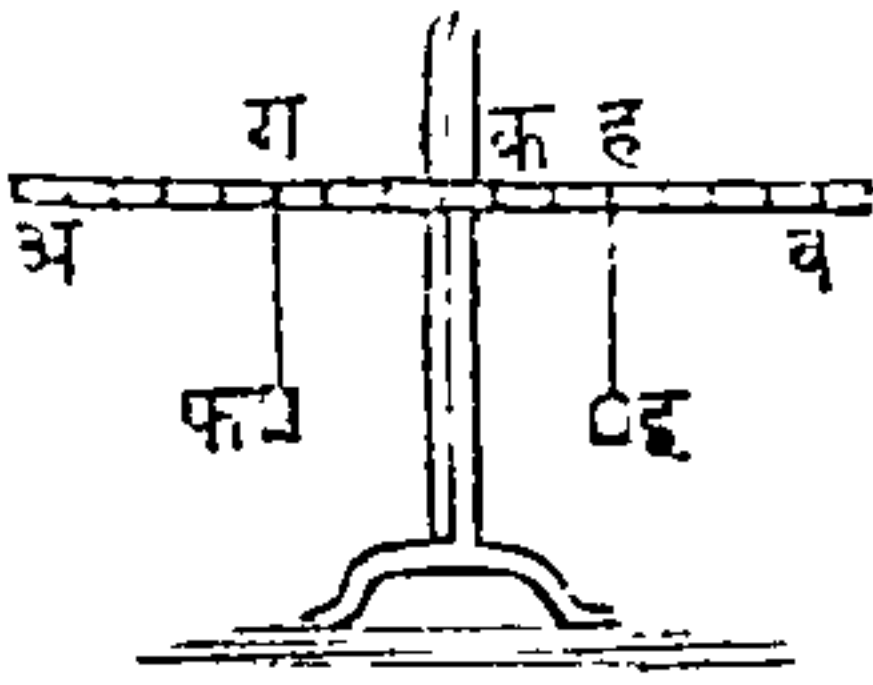


१, २, ३ इत्यादि शेरांचीं वजनें  
टांगून तुलना होण्यासाठीं कडीचीं  
ठिकाणें कशीं असावीं हें समजलें  
असतां दांडीवर भागचिन्हें करितां येतील.

उच्चालकाविषयींचे प्रयोग पाहण्याकरितां, एक सरळ लांकडाची दांडी घेऊन, तिजवर समभाग करावे, नंतर ती एका वारीक खिळविर मध्यापासून टांगावी. त्यापासून हे पुढील कांहीं प्रयोग पाहतां येतील; त्यांत वजन आणि टेंकूपासून त्यांचीं अंतरें यांत फेरफार केल्यानें त्या प्रयोगांत फेर करितां येतील हें शिकणारास उघड दिसेल.

जेव्हां दोन समान प्रेरणा एका सरळ उच्चालकावर लांबरूपानें लाविल्या असतात तेव्हां त्यांचें फळ, त्याच दोन प्रेरणा मिळून त्याचा मध्याशीं लाविल्या असतां जें

आकृति ६४.



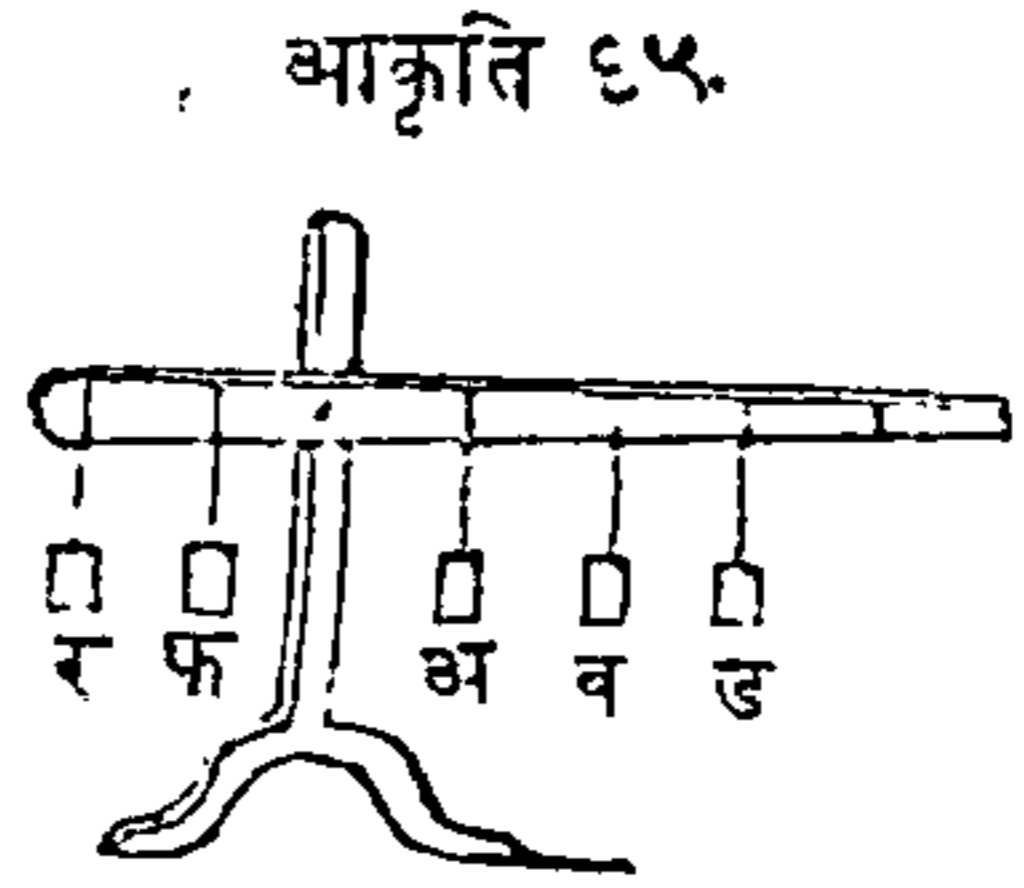
फळ होतें, त्याबरोबर होतें. अ व एक सरळ उच्चालक आहे, त्याचा अ क आणि व क वाजू मध्यापासून बरोबर लांब आहेत, ह्मणून तो उच्चालक क विंदूवर समतोल राहिल. मनांत आण कीं, उच्चाल-

कावर इंचांचे भाग आहेत, तर क मध्यापासून तीन इंचांवर साहा तोळ्यांचें इ वजन टांग, आणि दुसरें साहा तोळ्यांचें फ वजन क मध्याचा दुसऱ्या वाजूस तीन इंचांवर टांग; असें केल्यानें उच्चालक समतोल राहिल हें सांगण्याचें प्रयोजन नाहीं; परंतु जर साहा तोळ्यांचा इ आणि फ वजनांचा ठिकाणीं तीन तीन तोळ्यांचीं दोन वजनें दोन वाजूस बरोबर अंतरांवर टांगिलीं, तर परिणाम पूर्वीप्रमाणेंच होईल. आणि जर ग आणि ह स्थळें मध्यापासून बरोबर अंतरावर असलीं आणि त्यां-

पासून तीं वजनै कितीही लांब टांगिलीं तरी त्यांचा परिणामांत कांहींच अंतर पडणार नाही.—

याचप्रमाणें जर टेंकूचा निरनिराळ्या वाजूंवर अनेक वजनै असलीं, आणि त्यांतून जीं वजनै उच्चालकास एक वाजूस दावितात त्या सर्वांचा मोमेंटांची बेरीज, जीं वजनै दुसऱ्या वाजूस दावितात, त्या सर्वांचा मोमेंटांचे बेरीजेबरोबर असेल, तर तुलना होईल. जसे ६५ व्या

आकृतींत, मनांत आण कीं, टेंकूचा एका वाजूस तीन वजनै टांगिलीं आहेत; त्यांतील अ वजन दोन तोळे असून एक इंचावर आहे, दुसरें वजन ब तें तीन तोळ्यांचे दोन इंचावर



आहे, आणि तिसरें ड वजन चार तोळ्यांचें तें तीन इंच अंतरावर आहे, तर.

अ वजनाचा मोमेंट  $२ \times १$  अथवा २ आहे,  
 ब . . . . . मोमेंट  $३ \times २$  अथवा ६ आहे,  
 आणि ड . . . . . मोमेंट  $४ \times ३$  अथवा १२ आहे,  
 यावरून सर्व मोमेंटांची बेरीज . . . . . २० आहे,

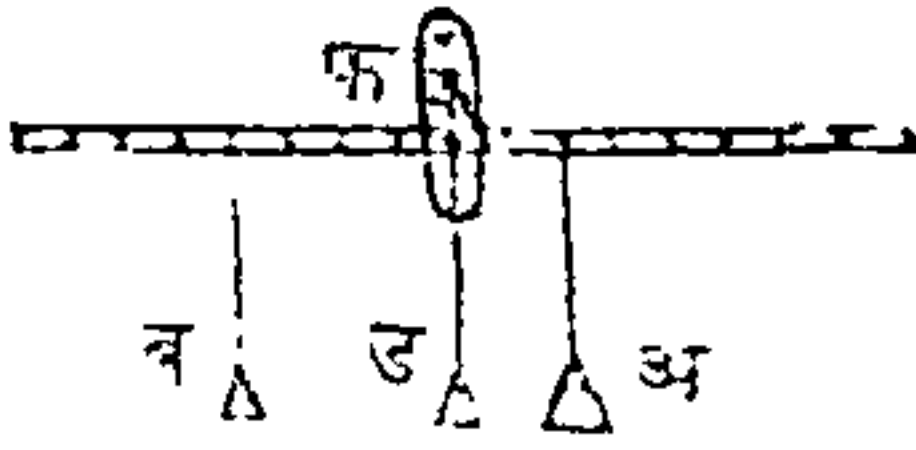
जर उच्चालकाचा दुसऱ्या वाजूस दोन वजनै टांगिलीं आहेत, ह्मणजे र वजन आठ तोळ्यांचे, मध्यापासून दोन इंच अंतरावर आहे, आणि फ वजन चार तोळ्यांचें असून एक इंच अंतरावर आहे; तर,

र वजनाचा मोमेंट  $८ \times २$  अथवा १६ आहे,  
 फ वजनाचा मोमेंट  $४ \times १$  अथवा ४ आहे,  
 २०.

यावरून प्रत्येक पक्षां मोमेंटांची बेरीज सारिखी आहे,  
 ह्मणून उच्चालक स्थिर राहिल.

मनांत आण कीं उच्चालकाचा एका वाजूस क म-  
 ध्यापासून दोन इंचांवर साहा तोळ्यांचें अ वजन टांगिलें

आकृति ६६.



आहे, आकृति ६६ वी पाहा, तर  
 तीन तीन तोळ्यांचीं ब, ड, अशीं  
 दोन वजनें दुसऱ्या वाजूस मध्या-  
 पासून दोन इंचांवर फ स्थळीं टां-  
 गिलीं असतां तुलना होईल, परंतु

जर या दोन वजनांतून प्रत्येक वजन फ स्थळापासून  
 दोन इंच उलट्या दिशेस सारिलें, तर ड वजन क म-  
 ध्याशीं येईल, आणि उच्चालकावर त्याचा व्यापार चाल-  
 णार नाही, आणि एकटें ब वजन अ वजनास तेलून  
 धरील; कारण ब चें वजन तीन तोळे आहे, आणि तें  
 मध्यापासून चार इंच अंतरावर आहे, ह्मणून त्याचा मो-  
 मेंट १२ आहे, जसें  $(४ \times ३ = १२)$ , आणि तो, अ चा  
 मोमेंट, अथवा साहा तोळे आणि त्यांचें अंतर दोन इंच,  
 यांचा गुणाकाराबरोबर आहे.

वरचा उदाहरणांपासून हें स्पष्ट दिसतें कीं मध्याचा  
 प्रत्येक वाजूवरील वजनातील तोळे आणि त्यांचीं अंतरें  
 यांचे गुणाकार बरोबर असतील, तर उच्चालक समतोल  
 राहिल. यापासून सरळ उच्चालकाचा हा साधारण

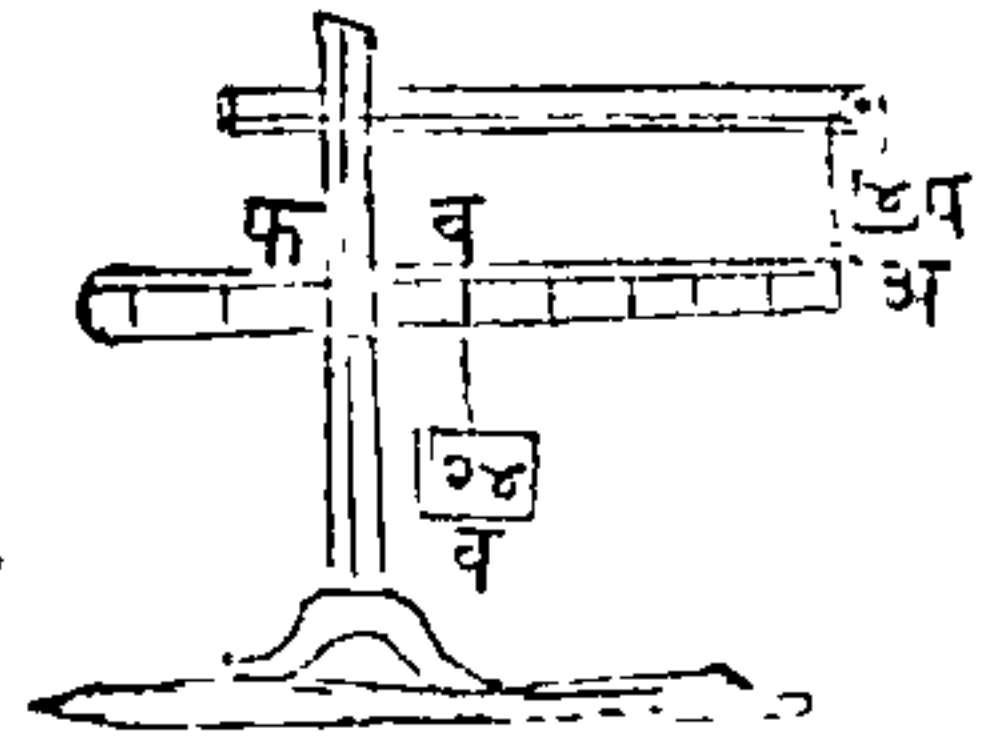


धरुड सिद्ध हुरुतु. जर ँकल सरळ उचालकलकल वलजू-वर दुरुन वकनुन लंवरुडलनुन ललगु हुकुन तुलस वलरुद्ध दल-शुत डलरलवलतलत, आणल जर डुरतुडुक वलजूवरुल वकनुन आणल तुलंऑल अंतुरुन डलंऑल दुरुशक अंकलंऑु गुणलकलर वरुवर असतुलल, तर ँक वकन दुसऱुडलस तुललुल.

## दुसऱुडल डुरकरऑल उचललक,

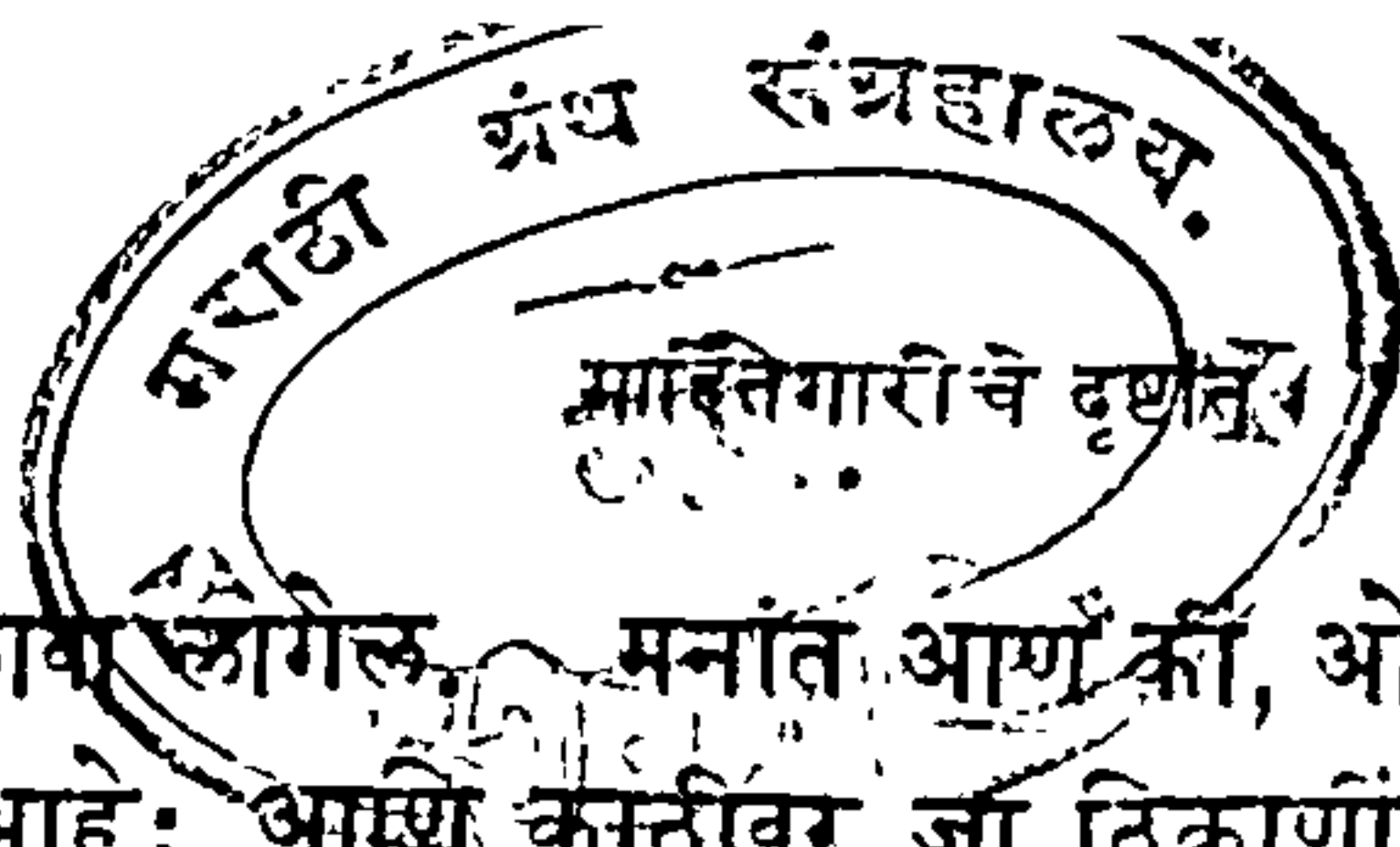
दुसऱुडल डुरकरऑल उचललकलंत डुंकू आणल उचललक-शकुतल डलंऑलडुधुडु वकन असतुन. वल-जूवरुल आकृतुंत उचललकलकु ललंवर वलजू अ डलसुन डु डुरुडत आहे; तुंकडु वलजू व डलसुन डु डुरुडत आहे; व उचललकलकु वकन आहे, आणल डु शकुतल आहे. डलललुडल डुरकरऑल उचललकलंत कसल नडल हुतु, तुल-सरलखुन डुंकू आणल वकन डलंऑल डुधलुडल अंतुरलडुकुशलं, डुंकू आणल शकुतल डलंऑु अंतुर कसुन अधलक असुल, तसल डलंत नडल हुडुल. कसुन उचललकलशकुतल डु जर ऑलर तुलळु असुन डुंकूडलसुन सलहल इंचलंवर असुल, तर तुलऑल डुगलनुन ँक इंच अंतुरलवरुल ऑुवुस तुलळुडलंऑु वकन तुलललतलं डुडुल. कलरुण दुरुहुडुडु डुडुडु सरलखुनु हुतुतलत, लुणकुकु (ॡ × ॡ = २ॡ) आणल (२ॡ × २ = २ॡ), जर डु आणल अ डलंऑल वरुवर डुधुडुडु व वकन असलुन,

आकृतल ॡॡ.



तर त्याचा अर्धे वजनास फ टेंकूपासून आधाऱ मिळेल, आणि वाकीचे अर्ध्यास प शक्ति तौलून धरील; पंरंतु या पक्षीं शक्ति चार तौळ्यांचा ठिकाणीं बारा तौळ्याची लागेल; कोणतेही वजन फ आणि अ यांचा बरोबर मध्यभागीं असल्यास, त्यास तौलून धरण्यास त्याचा निमें वजन प स्थळीं असावे. चार तौळ्यांची प उच्चाऱक-शक्ति तिचा वरील चाकावरून लागू होये, ह्मणून त्या चाकाचा आंसावर तिचा दुप्पट अथवा आठ तौळ्यांचा भार पडेल; ही गोष्ट कर्पीचे लक्षण सांगत्ये वेळेस दाखवितां येईल; जर फ टेंकूवर कित्ती भार पडतो हे जाणावयाचे असेल, तर २४ वजनांतून ४ शक्ति वजा करावी ह्मणजे वाकी २० इच्छिलें उत्तर येईल; यावरून असें निघते कीं, टेंकू आणि चाकाचा आंस यांवरील एकंदर भार २८ आहे, आणि तो वजन आणि शक्ति यांचा बरोबर आहे.-

दोन मनुष्ये काठीस ओझे टांगून नेतात हे या प्रकारचा उच्चाऱकाचे प्रसिद्ध उदाहरण आहे; जसें नालकी, पालखी अथवा दोन नवघण्ये काठीस ओझे टांगून नेतात ते. या उदाहरणांस आधार एकच आहे, कारण पुढील किंवा मागील मनुष्य टेंकूस्थानीं कल्पून वाकीचा दुसरा मनुष्य शक्तीचे ठिकाणीं आहे असें मानावे. जर ओझे काठीचा मध्यभागीं असले तर प्रत्येक मनुष्यावर बरोबर अर्धा भार पडेल; पंरंतु जर ते एकापेक्षां दुसऱ्याचा जवळ असले तर, जाचा खांद्यावर लांब टोंक असते त्यापेक्षां, जाचा खांद्यावर तोंकडे टोंक असते, त्यास अधिक भार



उचलावा लागेल. मनांत आणू की, ओझाचें वजन तीन मण आहे; आणि काठीवर जा ठिकाणां तें ओझे टांगिल्लें आहे, तें ठिकाण पहिल्याचा खांद्यापासून ३ फुटींवर, आणि दुसऱ्याचा खांद्यापासून ६ फुटींवर आहे; तर दुसऱ्यास जितका भार सोसावा लागेल, त्याचे दुप्पट भार पहिल्यास सोसावा लागेल; ह्मणजे पहिल्यास २ मण उचलावे लागतील, आणि दुसऱ्यास १ मण उचलावा लागेल; कारण २ आणि ३ यांचा गुणाकार, १ आणि ६ यांचा गुणाकारावरोवर आहे.

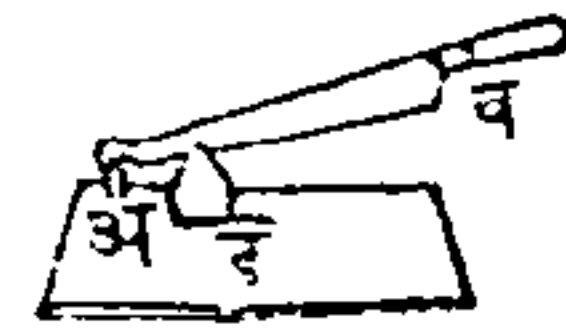
मोठा सामानाचा गड्डा उचलायाचे वेळेस एक लांब उचालक घेऊन त्याचें एक टोंक जमीनीवर ठेवून दुसरें हातानें वर उचलितात, तें या उचालकाचें दुसरें उदाहरण आहे. त्याची वाजूवर आकृति आहे; या ६८ वे आकृतींत जमीन हा टेंकू, हाताचें जोर ही शक्ति, आणि गळ्या हें वजन आहे.

आकृति ६८.



आंवे, मुळ्या इत्यादि पदार्थ चिरायाची विळी या प्रकारचा उचालक आहे, त्यांतिल अ सांधा टेंकू आहे, (६९ वे आकृतींत पाहा), ब मुठीजवळ शक्ति लावितात, आणि कापण्याचा पदार्थ ड तो वजन किंवा प्रतिबंध आहे.

आकृति ६९.



दरवाजा आपल्या विजागऱ्यांवर फिरतो तोही या प्रकारचा उचालक आहे. त्यांत दरवाजा हें वजन, विजागरें हा टेंकू, आणि मनुष्य त्यास हातानें लावितो किंवा

उघडितो ती शक्ति आहे. आणि टेंकूपासून शक्ति जितकी लांब असेल, तितकें वजन सहज उचलितं येईल असें पूर्वी सांगितलें, ह्मणून मोठा दरवाजा रीतीप्रमाणें उघडिला असतां, जसा उघडितां येतो, त्याप्रमाणें जर त्रिजाग्याचा अगदीं जवळ नेट देऊन उघडायस यत्न केला, तर मोठा श्रम पडेल. दरवाजाचा फटींत बोट सांपडलें असतां बळकट चेंचतें याचें कारण वरचा गोष्टीचा विचार केला असतां समजेल; कारण टेंकूचा जवळ जो प्रतिबंध अथवा वजन ठेविलें असतें त्यावर उचालकाचा योगानें दाराचा वेगाघात लागू होतो, आणि त्यामुळें अशी गोष्ट घडते.—

गलबताचें वल्हें, सुक्राण आणि मोडविळी, एकपाताचा अडकित्या हे पदार्थ या जातीचे उचालक आहेत असें ठरवितां येईल. जेव्हां मनुष्य होडी चालवितो, तेव्हां पाणी हें टेंकूस्थानीं होतें, जो मनुष्य वल्हें मारितो ती शक्ति, आणि होडी हें वजन होतें. सुपारी इत्यादि फोडाय्याचा अडकित्या दुसऱ्या प्रकारचा दुहेरी उचालक आहे; त्यांत त्याचा दोन अवयवांस जोडणारा सांधा टेंकू आहे, जें फळ फोडाय्याचें तें वजन आणि त्याचा दोन दांड्यांस जे हात एकत्र करितात ती शक्ति आहे.—

पुनः जर गाडीस दोन बैल जोडाय्याचे असतील, आणि जर त्यांतून एक दुसऱ्यापेक्षां बळकट असेल, तर दांड्यांस बांधण्याचें जोकडाचें ठिकाण असें योजावें कीं, दुसऱ्यापेक्षां पहिला जितका बळकट आहे, तितकें तें ठिकाण पहिल्या बैलाचा जवळ येईल, आणि असें केल्याने

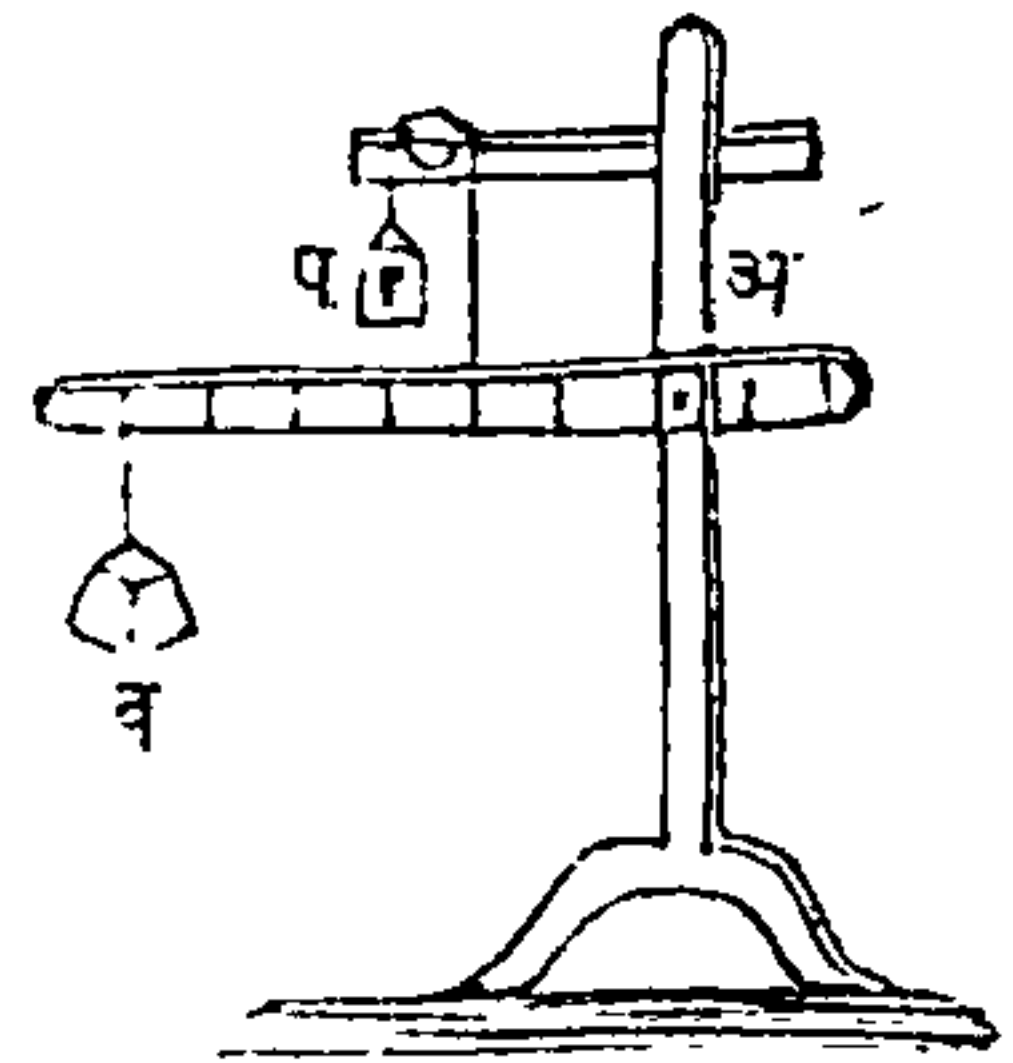
प्रत्येकास त्याचा त्याचा सामर्थ्याप्रमाणें ओझें ओढावें लागेल.—

एका चाक्राचा गाडीचा कल्पनेस आधार या जातीचा उच्चालक आहे. त्यांत चाक्राचा आंस टेंकूस्थानी कल्पितां येईल, गाडींत जो पदार्थ असतो तें वजन, आणि जो मनुष्य गाडीचे दांडे धरून उचलितो ती शक्ति. त्या गाडींत ओझें जितकें चाक्राजवळ असेल, तितकी सहज गाडी उचलितां येईल; कारण कीं, या पक्षां टेंकूपासून वजनाचा स्थानापेक्षां, शक्तीचें स्थान अधिक दूर असतें.

### तिसऱ्या प्रकारचा उच्चालक.

तिसऱ्या प्रकारचा उच्चालकांत टेंकू आणि वजन यांचामध्ये उच्चालकशक्ति असत्ये. वाजूवरील आकृतींत (आकृति ७०) अ टेंकू, प उच्चालकशक्ति, आणि ब वजन आहे; या पक्षां उच्चालकशक्तीपेक्षां वजन टेंकूपासून अधिक दूर आहे, ह्मणून त्यास शक्तीपेक्षां अधिक स्थळांतून गमन करावें लागेल; यावरून वजनापेक्षां उच्चालकशक्ति अधिक असावी. आणि टेंकू आणि उच्चालकशक्ति यांचा अंतरापेक्षां, टेंकू आणि वजन यांचें अंतर जितकें अधिक असेल, तितकी उच्चालकशक्ति अधिक असावी, — ह्मणजे टेंकूपासून सहा इंच अंतराव-

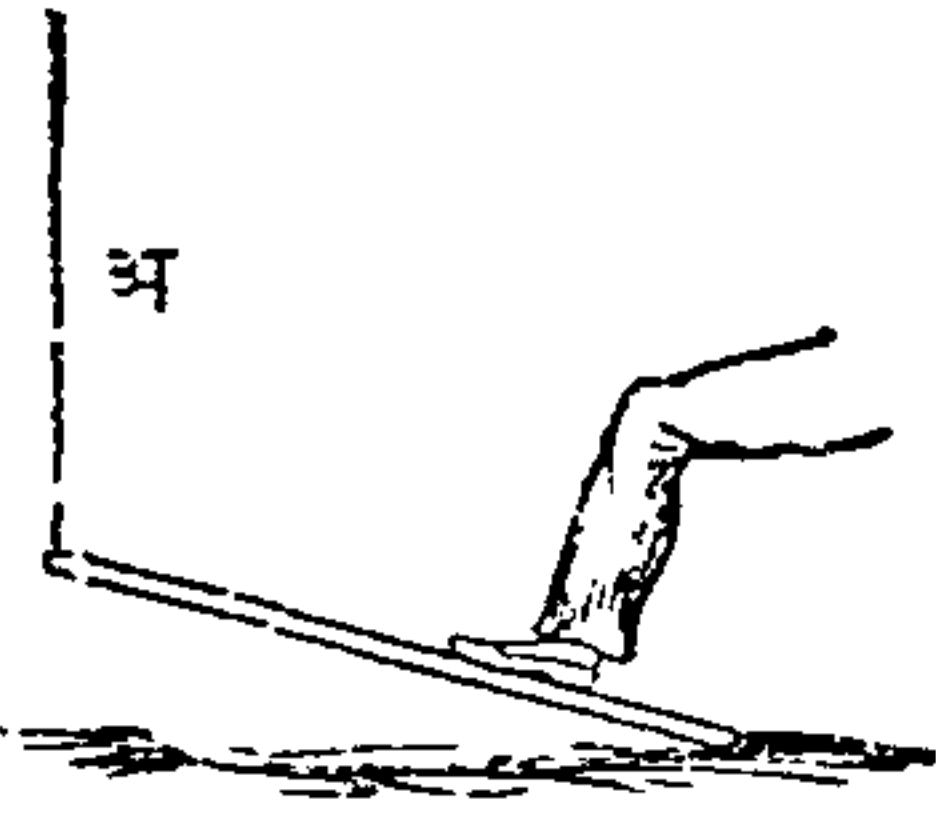
आकृति ७०.





रील चार तोळ्यांचें वजन तोलून धरण्यासाठीं, टेंकूपासून दोन इंच अंतरावर, बारा तोळ्यांची उच्चालकशक्ति असली पाहिजे. या जातीचा उच्चालकापासून उच्चालकशक्तीचा तोटा होतो, ह्मणून जा पक्षीं जोराची गरज नसत्ये परंतु वेगाची मात्र गरज असत्ये, त्या पक्षाखेरीज या उच्चालकास क्वचित् कामांत आणितात. कांतान्याचा

आकृति ७१.



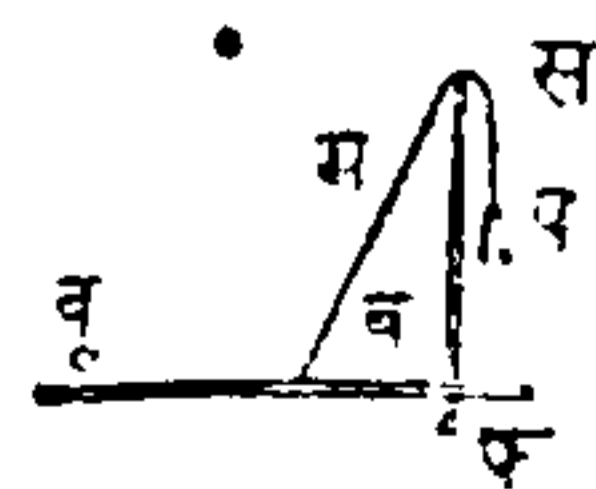
सांगडीस जो पाय देण्याकरितां तक्ता असतो, त्यापासून ही गोष्ट दिसून येत्ये; (आकृति ७१) जमीनीवर जें फळ्याचें एक टोंक असतें तो टेंकू; टेंकूपासून थोड्ये अंतरावर जो मनुष्याचा पाय दावितो ती शक्ति, आणि फळ्याचा

दुसऱ्या टोंकास वजन अथवा प्रतिबंध असतो, आणि कारागीर जसा त्वरेने त्या फळ्यावर भार घालितो, त्याप्रमाणें अ, दोरी एका कडीस बांधिलेली असत्ये, तिचा योगानें तें फळें वर होतें.

जेव्हां उच्चालकाचा लांब वाजूस त्वरेनें पुष्कळ स्थळांतून चालायाचें असतें, तेव्हांच मात्र या उच्चालकाचा उपयोग करितात, यावरून वजनापेक्षां शक्ति अगत्य अधिक लागत्ये. शिर्डीचें एक टोंक भिंतीशीं टेंकून जेव्हां मनुष्य तीस उभी करितो, तें या उच्चालकाचें एक उदाहरण आहे. परंतु या जातीचे उच्चालकांचा उपयोग जिवांचा शरिरांत सुंदर रीतीनें दाखविला आहे; शरिरांत अवयवांचा चलनमध्याजवळ ईश्वराने स्नायूंचा

शक्तीची योजना केली आहे; तिचा योगानें जिवांस आपले अवयव मोठ्या तरेनें हलवितां येतात; आणि त्या स्नायूंत असें सामर्थ्य ठेविलें आहे, कीं जरी अवयवांचा शेवटीं मोठमोठीं वजनें ठेविलीं तरी तीं उचलितां येतील. उदाहरण, हातांनीं मोठें वजन उचलणें अथवा दातांनीं कठीण वस्तू फोडणें, ही गोष्ट जनावरांस फार सोपी पडत्ये; अशा सर्व पक्षां मोठे सामर्थ्याचीच गरज पडत्ये असै नाही, परंतु चपळता, सोपेपणा हीं असलीं पाहिजेत; याजविषयीं मनुष्याचा हात हें उदाहरण घेतों. त्यांत स्नायू खांद्यावरून येऊन, हाताची जसी लांबी असत्ये, त्याप्रमाणें सुमारे त्याचा एक दशांश इतक्या अंतरावर कोंपराखालीं त्याचा शेवट होतो, त्याचा योगानें कांहीं ओझे वजन इत्यादि आपण उचलितों; आतां कोंपर हा चलन-मध्य आहे, आणि त्या भोंवतीं हाताचा पुढील भाग फिरतो, आणि जितकें वजन उचलावयाचें असतें, त्याचा दसपट सामर्थ्य स्नायूस खर्चावें लागतें. पहिल्यानें पाहिलें असतां ही गोष्ट तोल्याची आहे असै दिसेल. परंतु जितका शक्तिचा तोटा होतो तितका वेगाचा नफा होतो, आणि अशा योगानें जां निरनिराळीं कृत्यें मनुष्याचा शरिरास करावीं लागतात, त्यांजविषयीं मनुष्याचें शरीर योग्य केलें आहे— बाजूवरील आकृतींत फ कोंपर अथवा टेंकू आहे, (आकृति ७२) प शक्ति म स्नायूचा योगानें, स खांद्यापासून लागू होत्ये, आणि कोंपरापुढील हाताचा भाग व आहे आणि व हातावर

आकृति ७२.



ठेविलेलें वजन आहे. मनुष्याची इच्छा अथवा प शक्तियांचा योगानें म स्नायूंचें किंचित् आकुंचन झाल्यावर कोंपर अथवा फ टेंकूचाजवळ हात लवतो, आणि जें वजन हातावर ठेविलें असतें त्यासुद्धां हात खांद्याजवळ येतो.

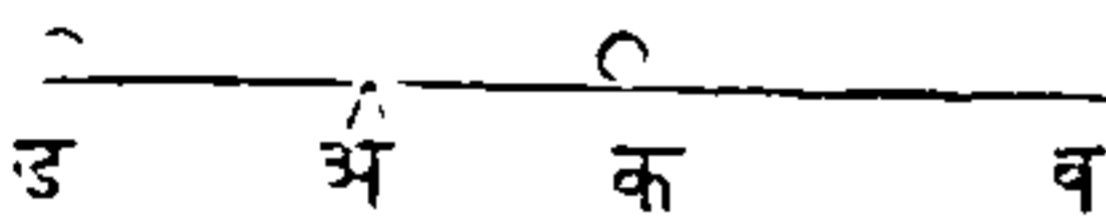
आकृति ७३.



मेंढे भादरायाचा कार्त्तींत तिसऱ्या प्रकारचे दोन उच्चालक असतात, (आकृति ७३) त्या दोहोंचा टेंकू क क्रमाण आहे; जो हात प, प, ठिकाणीं असतो तो शक्ति, आणि कापायाची लोंकर तो प्रतिबंध. चिमटा, सांडस इत्यादिकांचे दोन अवयव या जातीचे दोन उच्चालक आहेत.

दुसऱ्या आणि तिसऱ्या प्रकारचा उच्चालकांत जर एकादी शक्ति, एकाद्या वजनास तोलून धरित्ये तर, प्रत्येक पक्षां टेंकूपासून त्यांचीं अंतरें व्युत्क्रमप्रमाणानें असतात. वाजूवरील आकृतींत जर, अ क व रेघ दुसऱ्या प्रकारचा

आकृति ७४.



उच्चालक आहे अशी कल्पना करितों (आकृति ७४) आणि व स्थळींची शक्ति, क स्थळींचा वजनास तोलून धरित्ये, तर शक्ति आणि वजन हीं एकमेकांस टेंकूपासून आपल्या अंतराचा व्युत्क्रमप्रमाणानें होतील; ह्मणजे अ टेंकूपासून ८ इंचांवरील दोन तोळ्यांचें व वजन, टेंकूपासून २ इंचांवरील ८ तोळ्यांचा वजनास होईल, ह्मणजे जसें (८×२=२×८). पुनः मनांत आण कीं उच्चालक एक वाजूस ड पर्यंत वाढविला, असा कीं अ क बरोबर अ ड होईल. समान पदार्थांस समान वेग दिले असतां त्यांचा

आंगीं समान शक्ति उत्पन्न होत्ये, असें मागे दाखविलें. परंतु ड वजन क वजनावरोवर असून तें अ पासून क इतकेंच लांब आहे, ह्यणून ब प्रेरणा लागू झाली असतां, जा वेगाने क वजन चालेल, तसें तें ड वजनही चालेल; यावरून जी शक्ति क वजनास तोलून धरित्ये, तीच ड वजनास तोलून धरील. परंतु ड अ ब रेघ पहिल्या प्रकारचा उच्चालक आहे, त्यांत अ ड वाजूस जशी अ ब वाजू, तसें ब शक्तीस ड वजन आहे; ब शक्ति क वजनासही तोलून धरित्ये, त्यावरून अ ड वाजूस जशी अ ब वाजू, तशी ब शक्ति क वजनास होईल.

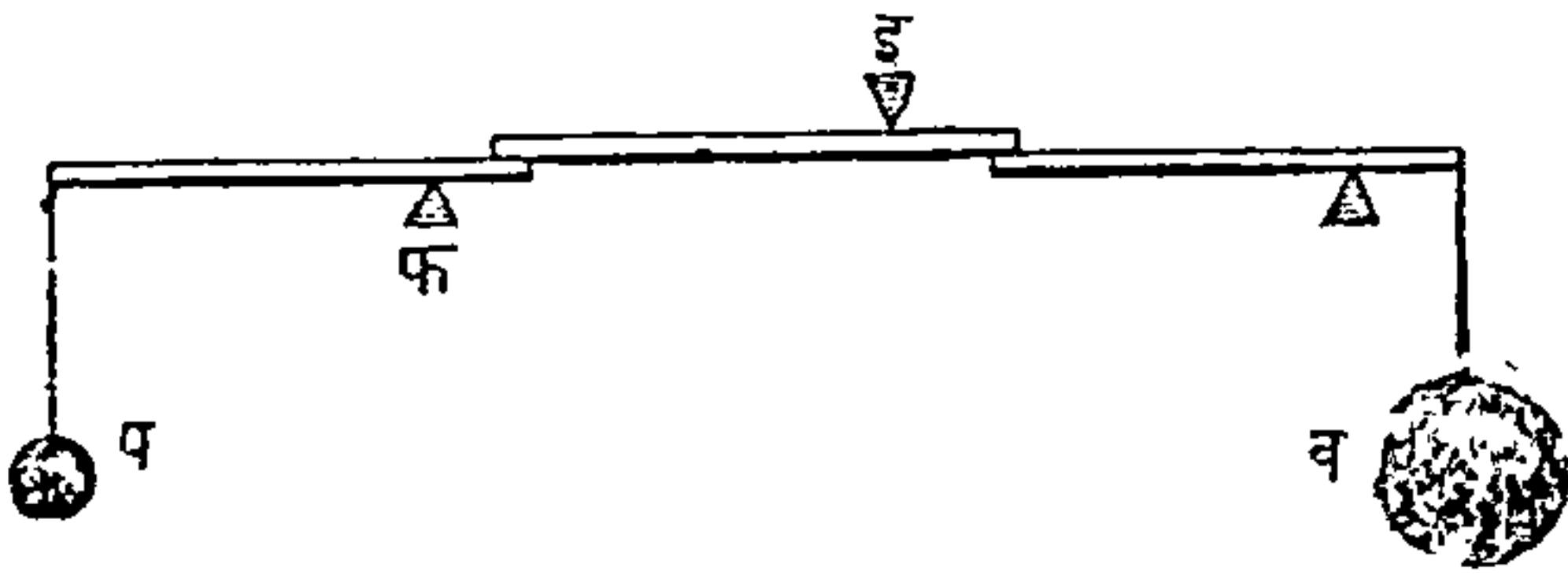
दुसऱ्या आणि तिसऱ्या प्रकारचा उच्चालकांतील भेद या पुढील उदाहरणावरून दाखवितां येईल. जर मागील आकृतींतील अ ब रेघ, एक अथवा अनेक प्रेरणांचा योगानें अ बिंदु अथवा टेंकूभोंवतीं फिरत्ये असें मानिलें, तर तो दुसऱ्या प्रकारचा उच्चालक आहे, त्यांत दोन विरुद्ध प्रेरणा क आणि ब स्थानीं लाविल्या आहेत, त्यांतील क स्थळींची प्रेरणा त्या रेघेस खालीं दावित्ये, आणि ब स्थळींची वर उचलित्ये; ह्यणजे त्यांत क स्थळीं वजन आणि ब स्थळीं शक्ति आहे; आणि ह्या विरुद्ध प्रेरणा एकमेकांस तोलून धरण्यासाठीं त्यांतील प्रत्येकीचें परिमाण, अ पासून प्रत्येक अंतराशीं व्युत्क्रमपरिमाणांत असावें. परंतु जर हा पक्ष उलटा आहे अशी कल्पना केली, ह्यणजे क स्थळींची प्रेरणा ऊर्ध्व दिशेंत लागू होत्ये, आणि ब स्थळींची खालीं लागू होत्ये, तर तो तिसऱ्या प्रकारचा उच्चालक होतो, त्यांत शक्तीचें स्थान क आहे आणि वजनाचें

स्थान ब आहे. परंतु जरीं त्यांचीं स्थानें बदलिलीं, तरीं त्यांची तुलना होण्यासाठीं त्यांचीं परिमाणें पहिल्या सारिखींच असलीं पाहिजेत, ह्मणजे शक्ति आणि वजन हीं परस्परांस अ स्थिरावेदू अथवा टेंकू यापासून आपल्या अंतरांचा व्युत्क्रमप्रमाणांत असलीं पाहिजेत.—

### मिश्र उच्चालक.

एक उच्चालक दुसऱ्यावर लागू, अशा रीतीनें किं-  
येक उच्चालक एकत्र जोडून मिश्र उच्चालक होतो; लांब  
उच्चालक करण्यास फार कठीण, ह्मणून जेव्हां मोठ्ये  
शक्तीची गरज असत्ये, तेव्हां मिश्र उच्चालकाचा उपयोग  
करितात. पुढील मिश्र उच्चालकाची आकृति आहे (आकृति

आकृति ७५.



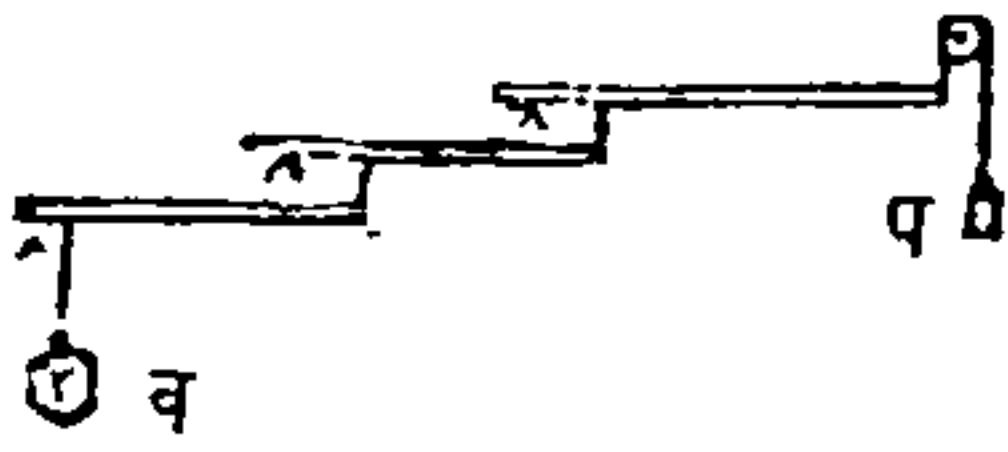
७५) तींत पहिल्ये प्रकारचे तीन उच्चालक आहेत, आणि ते आपआपल्या टेंकूवर फिरतात. प स्थळीं लहानशी शक्ति लाविली असतां, व स्थळींचें मोठें वजन सारितां यावें अथवा तालून धरितां यावें हा या यंत्राचा उद्देश आहे. साध्ये उच्चालकाचे फळाची गणना करण्याची



जी रीति मार्गे सांगितली, तीच मिश्र उच्चालकासही लागेल, ह्यणजे, कोणत्येही उच्चालकावरील वजनास टेंकू-पासून त्याचे अंतरानें गूण, नंतर उच्चालकशक्तीस त्या विंदू-पासून तिचे अंतरानें गुणावें, आणि जर हे दोन्हीं गुणाकार बरोबर येतील, तर वजन आणि शक्ति हीं परस्परांस तो-लून धरितील. मिश्र उच्चालकांत जर अनुक्रमानें एक एक उच्चालकाचे फळाचा विचार केला, तर उच्चालक-शक्तीचें फळ वजनावर कसे लागू होतें, तें दाखवितां येईल. प स्थळींची शक्ति इ स्थळीं ऊर्ध्व दिशेंत प्रेरणा करित्ये, आणि प फ वाजूस जशी इ फ वाजू, त्याप्रमाणानें इ स्थळींची प्रेरणा प शक्तीस होईल. जर तीनही उ-च्चालक सारख्या लांबीचे आहेत अशी कल्पना केली, ह्यणजे प्रत्येकाची लांब वाजू ८ इंच लांबीची, आणि तों-कडी वाजू २ इंच लांबीची तर प स्थळीं एक शेर ठेवि-ला असतां तो इ जवळ ४ शेर तोलून धरील, कारण लांब वाजू ८ इंच आहे, आणि शक्ति एक शेर आहे या-मुळे त्यांचा गुणाकार ८ होतो, आणि तोंकडी वाजू २ इंच आहे ह्यणून वरचा सारखाच गुणाकार येण्यासाठीं त्यांस ४ शेरांनीं गुणिलें पाहिजे; यावरून दुसऱ्या उ-च्चालकाचा लांब वाजूस ४ शेरांची शक्ति आहे, आणि त्या वाजूची लांबी पूर्वीप्रमाणें ८ इंच ह्यणून त्यांचा गुणा-कार ३२ येतो, त्या उच्चालकाची तोंकडी वाजू २ इंच आहे, ह्यणून वरचा इतका गुणाकार होण्यासाठीं १६ शेरांचें वजन असावें; यावरून पुनः १६ शेरांची शक्ति तिसऱ्या उच्चालकास लाविली आहे, त्याची लांब वाजू ८

इंच आहे, यावरून गुणाकार  $१६ \times ८ = १२८$  आहे, आणि तोंकडी बाजू २ इंच आहे, ह्यगून वरचा इतकें उत्तर येण्यासाठी तीस ६४ यांणीं गुणिलें पाहिजे; सारांश प स्थळीं १ शेर टांगिला असतां व स्थळीं ६४ शेरांचें वजन तोलितं येईल.

पहिल्या प्रकारचा तीन उच्चालकांपासून झालेल्या मिश्र उच्चालकाचें जें वर्णन वर सांगितलें, तें कोणत्याही प्रकारचा मिश्र उच्चालकास लावितां येईल. बाजूवरील आकृति दुसऱ्या प्रकारचा उच्चालकांची सांगड आहे,



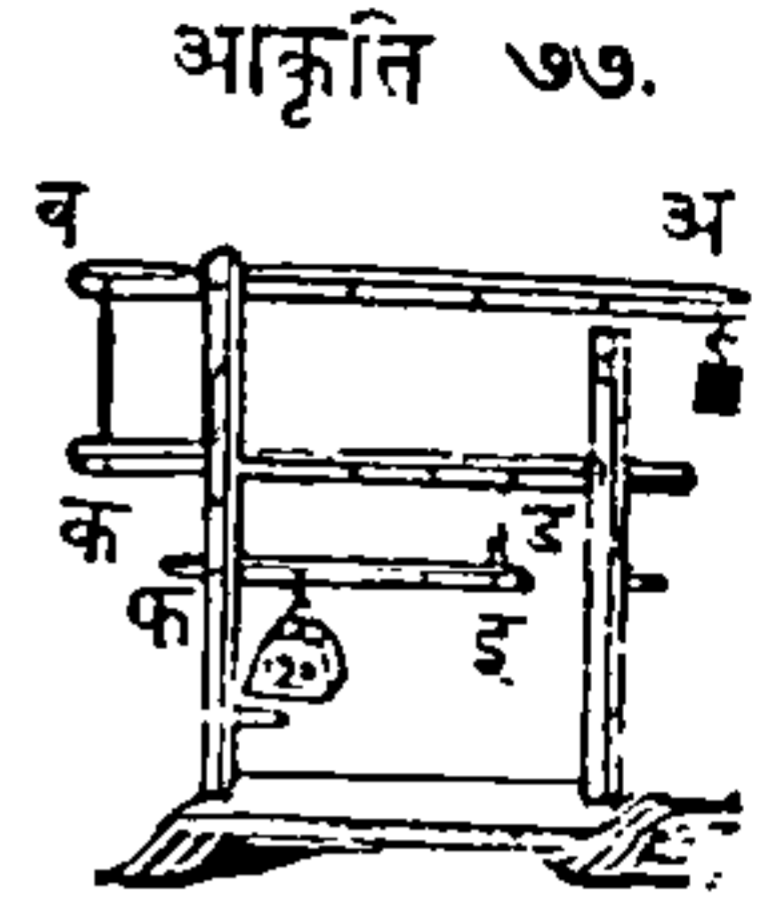
आकृति ७६.

(आकृति ७६) जर त्यांतील तीन उच्चालकांचा लांब आणि तोंकड्या बाजू मागील उदाहरणाप्रमाणें बरोबर असल्या, तर १ शेराची शक्ति ६४ शेरांचे

वजनास तोलून धरील.

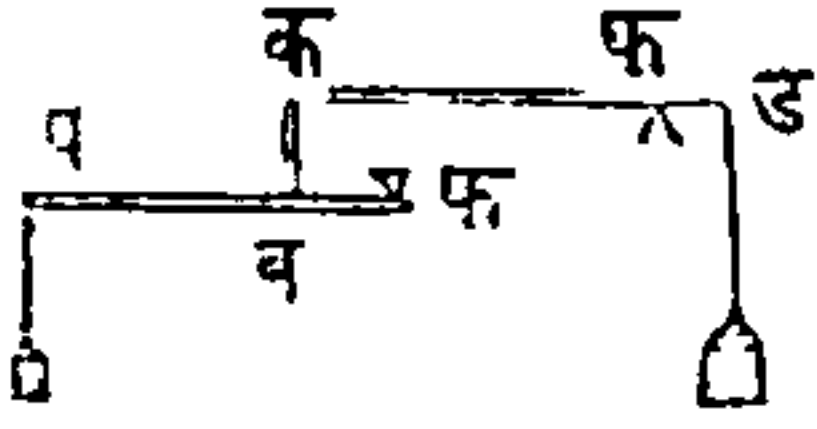
मिश्र उच्चालकांतील प्रत्येक उच्चालकाचें वजन आणि शक्ति यांचें प्रमाण वेगवेगळालें काढून, त्या अंकांचा गुणाकार करावा, ह्यणजे तो गुणाकार मिश्र उच्चालकाचें फळ होईल, असें मागील लेखावरून दिसण्यांत येईल. आणि कदाचित् मिश्र उच्चालकांतील शुद्ध उच्चालक भिन्न भिन्न जातीचे असले, तरी गणित करण्याचे रीतींतही कांहीं फेर पडणार नाही. बाजूवरील आकृति मिश्र उच्चालकाची आहे, तींत पहिल्या प्रकारचा एक उच्चालक आहे, आणि दुसऱ्या प्रकारचे दोन आहेत ;

(आकृति ७७) पहिला अ ब उच्चालक पहिल्या प्रकारचा आहे, आणि क ड आणि इ फ हे दुसऱ्या प्रकारचे आहेत. पहिल्याने अशी कल्पना करावी की, अ ब उच्चालक ५ इंच लांब आहे, जर अ स्थळीं १ शेरा असला तर तो ब स्थळीं ५



शेरांस तोलील; आणि हा उच्चालक दुसऱ्या क ड उच्चालकाशी जोडिला आहे, ह्मणून क स्थळीं ५ शेरांची शक्ति होईल; आणि जर क ड उच्चालकाची लांबी ६ इंच असली, तर क स्थळींची ५ शेरांची शक्ति ड स्थळीं ३० शेरांस तोलून धरील, ह्मणजे  $(५ \times ६ = ३०)$ . हा दुसरा उच्चालक पूर्वीप्रमाणें तिसऱ्या इ फ उच्चालकाशी जोडिला आहे, ह्मणून त्यावर इ स्थळीं ३० शेरांची शक्ति होईल, आणि त्याची लांबी ४ इंच आहे, ह्मणून वरचा शक्तीने फ स्थळीं १२० शेरांचें वजन तोलितां येईल; जसें  $(४ \times ३० = १२०)$ . पदार्थ वजन करण्याचे यंत्रांत मिश्र उच्चालकाचा उपयोग करितात, आणि दुसरीं वजन करण्याचीं यंत्रें जागा फार अडवितात, ह्मणून तीं जाठिकाणीं नेण्यास अवघड, अशा ठिकाणीं जर मोठे मोठे पदार्थ वजन करायाचे असतील, तर मात्र यांचा उपयोग करितात. अशा जातीचीं वजन करायाचीं यंत्रें मुंबईत पुष्कळ ठिकाणीं आहेत; त्यांतील एक पैजेचे वंगल्यांत आहे.

आकृति ७८.



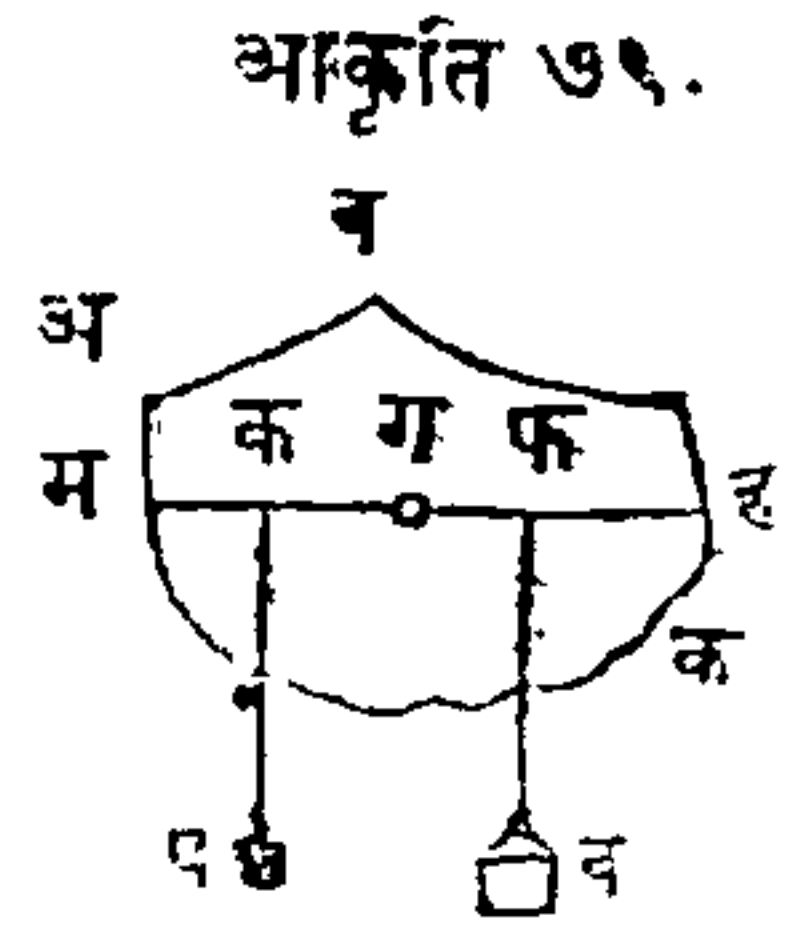
पहिल्या आणि दुसऱ्या प्रकारचे असे दोन उच्चालक एका दांडीने जोडितात, ते वाजूवरील आकृतीत दाखविले आहे, (आकृति ७८) या पक्षां प शक्तीचा योगाने जो ब प्रतिबंध क स्थळीं होतो, तो असा आहे कीं, प आणि फ टेंकूपासून त्यांचे अंतर यांचा गुणाकार, आणि ब आणि व फ यांचा गुणाकार हे दोन्ही बरोबर होतात; आणि जो प्रतिबंध क स्थळीं घडतो, त्यास शक्ति असें मानितों, तर तुलना होण्यासाठीं ती शक्ति आणि तिचे क फ अंतर यांचा गुणाकार, ड फ आणि ड वजन यांचा गुणाकारबरोबर असावा.

गाडीचे चाक्र काढून घेण्याकरितां गाडी उचलण्यास जे उच्चालक घेतात ते या जातीचे असतात.—

## वांकडा उच्चालक.

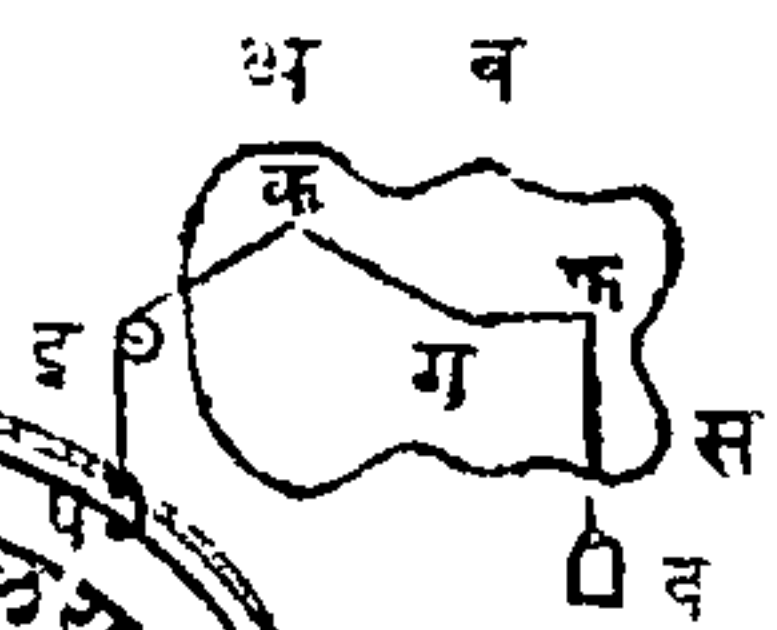
पूर्वीं निरनिराळे जातीचे सरळ उच्चालकांविषयीं विचार झाला, आतां या यंत्राचा विस्तीर्ण रूपानें विचार करितों. तें यंत्र एक भरीव पदार्थ आहे, आणि त्यांत एक वासिवलेला आंस आहे, त्याचे भौवतीं तें फिरतें असें मानितों. ही गोष्ट सांगितली असतां वांकडा उच्चालक सहज समजेल.

अ व क, (आकृति ७९) एक भ-  
 राव वस्तूचें छिन्न आहे, आणि कागदाचे  
 पातळीशीं लंबरूप असा एक वसविलेला  
 ग आंस आहे, त्यावर तें छिन्न फिरतें.  
 ग विंदूतून म ग ह क्षितिमर्यादरूप रेघ  
 काढिली आहे असें मनांत आण, आणि  
 जें व वजन तोलून धरावयाचें तें फ स्थळीं लाव, आणि  
 जी प शक्ति त्या वजनास तोलून धरणार तीस क स्थळीं  
 टांग. असें केल्यावर जर शक्तीतील तोळे आणि  
 ग मध्यापासून त्यांचें अंतर जितके इंच असेल त्यांचा  
 गुणाकार, आणि वजनांतील तोळे, आणि त्याच विंदूपा-  
 सून त्यांचें अंतर जितके इंच असेल त्यांचा गुणाकार  
 हे बरोबर असतील तर, शक्ति वजनास तोलून धरील.  
 उदाहरण, जर प शक्ति ३ तोळ्यांची असून ग आंसापा-  
 सून ६ इंच लांब असेल, तर ती शक्ति त्याच विंदूपासून  
 २ इंचांवर ९ तोळ्याचें वजन तोलून धरील. जसें  
 (३ × ६ = ९ × २).

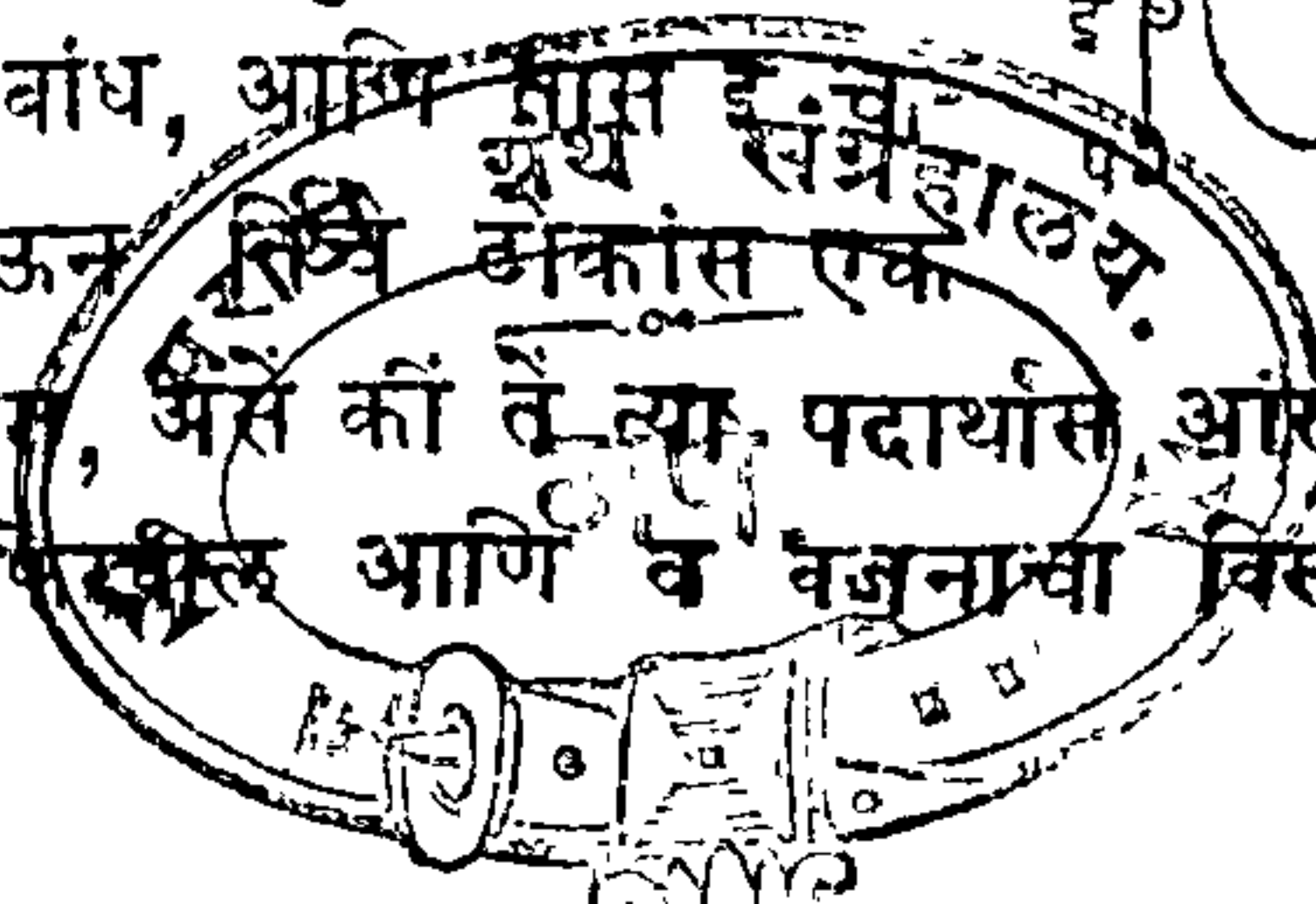


पुनः फ विंदूपासून एक व वजन  
 दोरीनें टांग, (आकृति ८०) तर हें  
 वजन त्या पदार्थास अ व स दिशेंत  
 फिरवील. नंतर दुसरी एक दोरी

आकृति ८०.



क विंदूशीं बांध, आणि त्यास इंचां  
 कावरून नेऊन तिजि आंसास एक  
 प वजन टांग, असें कीं तें त्या पदार्थास आंसावर स व  
 अ दिशेंत फिरवील आणि व वजनाचा विरुद्ध दिशेंत





फिरण्याचा जो झोंक आहे त्यास तोलून धरील. जर व आणि प वजन कितती आहेत हे ठरविले, आणि मध्यापासून दोन्यांचीं ग फ आणि ग क लंबांतरें बरोबर मोजून काढिलीं, तर प वजनांतील तोळे आणि ग क रेघेतील इंच यांचा गुणाकार, आणि व वजनांतील तोळे आणि ग फ रेघेतील इंच यांचा गुणाकार हे दोनही बरोबर होतील.

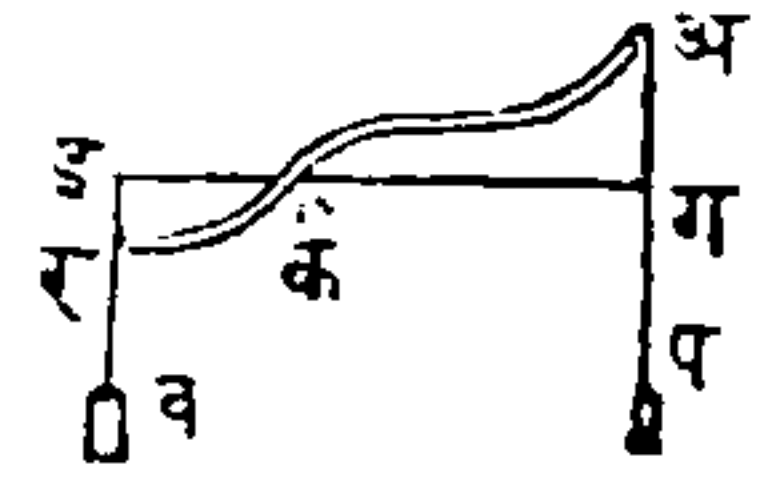
तोळे आणि इंच यांखेरीज दुसऱ्या कोणत्याही वजनाचा आणि अंतराचा जाती घेतां येतील, परंतु वजन आणि शक्ति या दोहोंस सारख्या जाती लावाव्या. वर लिहिलेल्या उदाहरणांपासून असा निश्चय होतो कीं, पदार्थास एका आंसाभोवतें फिरविण्याचें जें एकाद्या प्रेरणेचें अथवा शक्तीचें सामर्थ्य असतें, त्याची गणना, मध्यापासून प्रेरणेचे दिशेस जो लंब होतो, त्या लंबानें ती प्रेरणा गुणिल्यानें होत्ये. अशा रीतीनें जो गुणाकार येतो, त्यास आंसाभोवतीं त्या शक्तीचा मोमेंट म्हणतात; जर कांहीं प्रमाणानें मोमेंट वाढविला किंवा कमी केला, तर पदार्थास आंसाभोवतीं फिरविण्याचें जें प्रेरणेचें सामर्थ्य असतें, तें त्याच प्रमाणानें वाढतें किंवा कमी होतें हे उघड आहे. अथवा जा प्रेरणा किंवा शक्ति पदार्थास एका वाजून फिरवितात, त्यांचा मोमेंटांची बेरीज जर दुसऱ्या प्रेरणा अथवा शक्ति त्या पदार्थास दुसऱ्या वाजूस फिरवितात, त्यांचा मोमेंटांचा बेरिजेपेक्षां अधिक असेल, तर तो पदार्थ पहिल्या प्रेरणांचा दिशेंत फिरेल.

कोणत्याही सरळ अथवा वांकड्या उच्चालकाची शक्ति

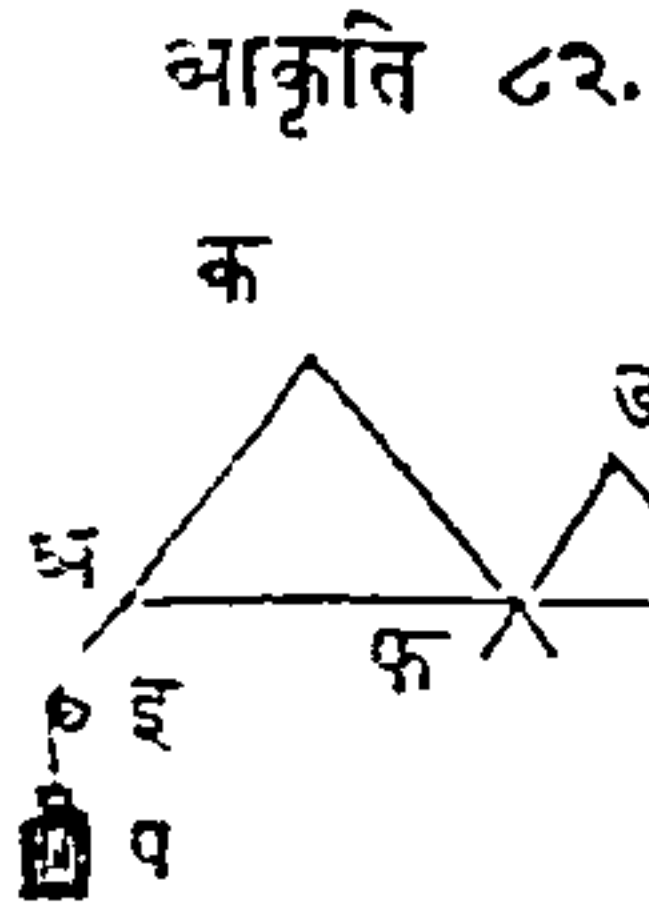
आणि वजन यांचें यांत्रिक सामर्थ्य, जा दिशांत त्या प्रेरणा लागू होतात, त्यांस टेंकूपासून जी लंब रेघ होये, तिचा योगानें नेहेमी दाखवितां येतें.—

अ क र एक वांकडा उच्चालक आहे, तो क बिंदूवर नुसताच समतोल राहतो, (आकृति ८१) आणि त्याचा अ आणि र टोंकांस अ प आणि र व दिशेंत प आणि व अशा दोन प्रेरणा आहेत; जर प शक्तीचा दिशेस टेंकूपासून लंबरूप रेघ केली, ह्मणजे क पासून ग पर्यंत रेघ केली, आणि त्याचप्रमाणें वजनाचा दिशेस क पासून ड पर्यंत रेघ केली, तर या पक्षां जें फळ होईल त्याची गणना सरळ उच्चालकाप्रमाणें करितां येईल,— उदाहरण, जर क पासून ग पर्यंत अंतर ६ इंच आहे, आणि क पासून ड पर्यंत अंतर ३ इंच आहे, तर २ तोळ्यांची शक्ति ४ तोळ्यांचा वजनास तोलून धरोल; ( $६ \times २ = ३ \times ४$ ). यावरून जा दोन प्रेरणा एकाद्या वांकड्या उच्चालकास विरुद्ध दिशेंत फिरवितात, त्या प्रेरणांचे मोमेंट जर बरोबर होतील, तर त्या एकमेकास तोलितील.—

आकृति ८१.

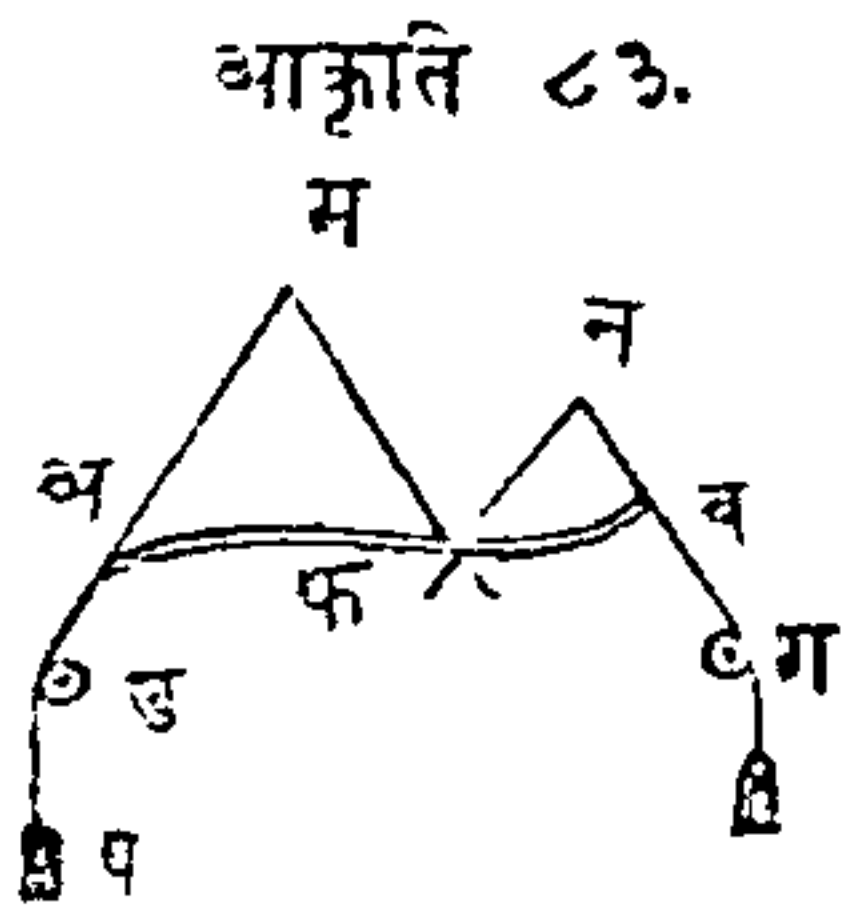


मागील उदाहरणांत, शक्ति आणि वजन हीं उच्चालकावर, (त्याचा लांबीशीं) लंबरूपानें लागू होतात, आणि परस्परांशीं समांतर आहेत असें मानिलें खरें, परंतु ही गोष्ट सर्वदां अशीच घडले असें नाहीं, कित्येक पक्षां शक्ति आणि वजन हीं तिर्कस लागू होतात; अ ब एक उच्चालक आहे, (आकृति ८२), त्याचा टेंकू फ आहे,



आणि शक्ति अ इ दिशेंत उच्चालकावर तिकंस लागू होये, आणि वजन ब स दिशेंत लागू होतें. या उच्चालकाचा सामर्थ्याची गणना करण्यासाठी, मागील उदाहरणाप्रमाणें रेखा काढाव्या. याजकरितां जर इ अ, स ब रेखा वाढविल्या आणि टेंकूपासून या रेखांस क फ आणि फ ड लंब काढिले तर, शक्तीस क फ रेघेनें गुणिलें असतां गुणाकार शक्तीचा मोमेंट होईल, आणि वजनास फ ड रेघेनें गुणिलें असतां गुणाकार त्याचा मोमेंट होईल; जर ४ ४ तोळे, आणि क फ रेघ ६ इंच, आणि व ८ तोळे, आणि फ ड रेघ ३ इंच असेल, तर तुलना होईल, कारण  $(४ \times ६ = ८ \times ३.)$

पुढील आकृतींत वर सांगितल्याप्रमाणें शक्ति आणि वजन हीं उच्चालकावर तिकंस लागू होतात, तथापि वरचा सारखा हा उच्चालक सरळ नाही, वांकडा आहे.

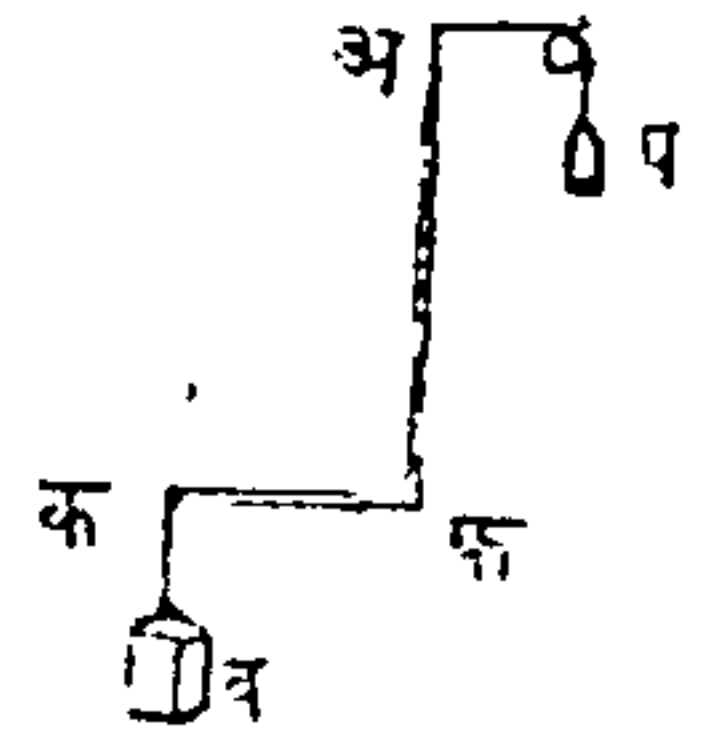


उच्चालक जरी वांकडा आहे, तरी गणण्याचा रीतींत कांहीं फेर पडत नाही, यावरून (८२ व्या आकृतीप्रमाणें) या उच्चालकाचा सामर्थ्याची गणना करितां येईल. अ ड रेघ वाढव आणि फ बिंदूपासून त्या रेघेवर लंब कर, तो लंब उच्चालकाची लांब वाजू होईल, त्याचप्रमाणें ग ब रेघ वाढवून फ पासून तिजवर लंब केला असतां तो लंब तोंकडी वाजू होईल; नंतर

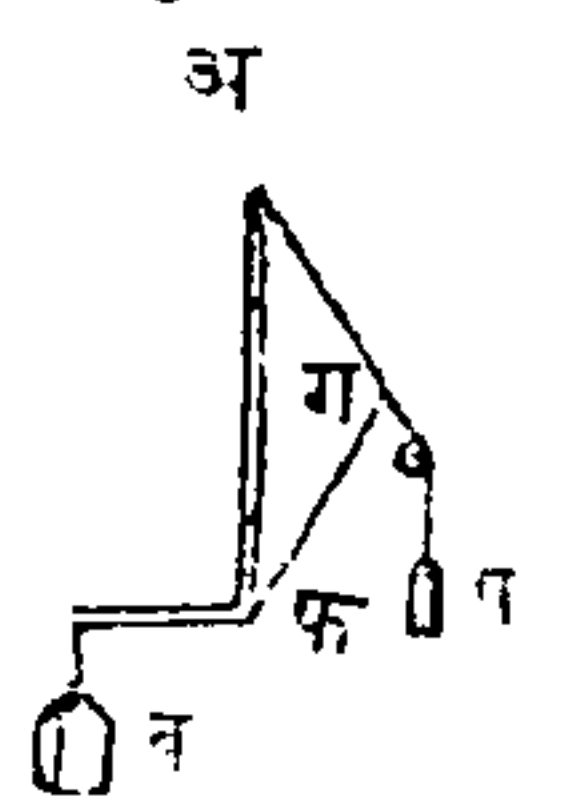
शक्ति आणि वजन यांचे मोमेंट मागील उदाहरणाप्रमाणें काढावे.—

कधी कधी उच्चालक इतका वांकडा असतो की उच्चालकाचा वाजू एकमेकावर लंब असतात; आणि फ टेंकू त्यांचे काटकोनाचे कोनविंदूंत असतो, (आकृति ८४), अशा उच्चालकास काटकोनउच्चालक म्हणतात. त्यांत व वजन फ क तोंकड्या वाजूस टांगिलें असतें, आणि प शक्ति अ फ लांब वाजूपासून टांगिली असत्ये; या पक्षां प शक्तीला अ फ नें गुणिलें असतां शक्तीचा मोमेंट येतो, आणि व वजनास फ क नें गुणिलें असतां वजनाचा मोमेंट होतो; जर हे मोमेंट बरोबर असतील, तर तुलना होईल. शक्ति लंबरूपानें टेंकूवर लागू होये असें न मानितां, पुढील आकृतींत दाखविल्याप्रमाणें तिकेस लागू होत्ये, (आकृति ८५) अशी कल्पना केली, तर अशा उच्चालकाचा सामर्थ्याचा गणण्याची रीति ८३ व्या आकृतीप्रमाणेंच आहे. या पक्षां शक्तीचा अ प दिशेस टेंकूपासून एक लंब केला पाहिजे, तो लंब उच्चालकाची खरी वाजू होईल; जसें व वजन ५ शेरांचें असून टेंकूपासून एक फुटीवर आहे असें मान, तर ग फ रेघ ५ फुटी आणि प १ शेर असल्यास शक्ति आणि वजन हीं एकमेकांस तोलतील.

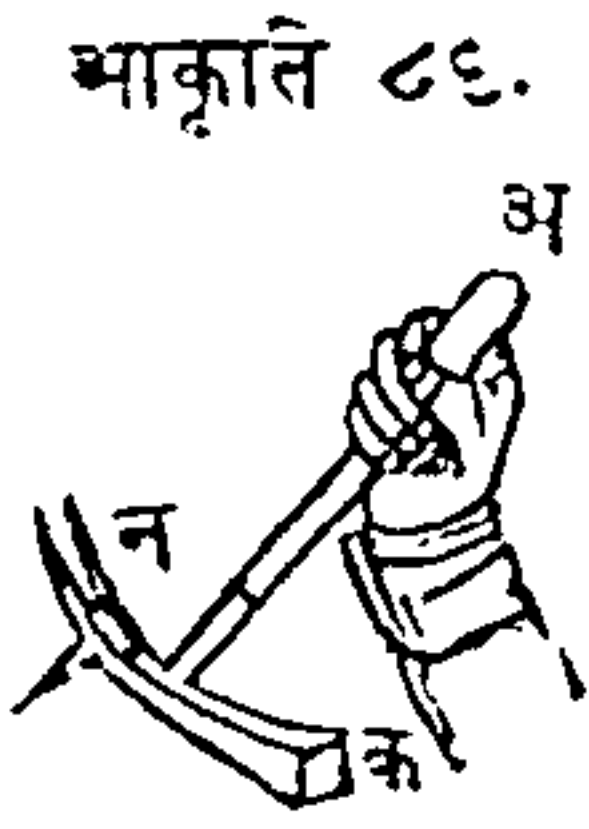
आकृति ८४.



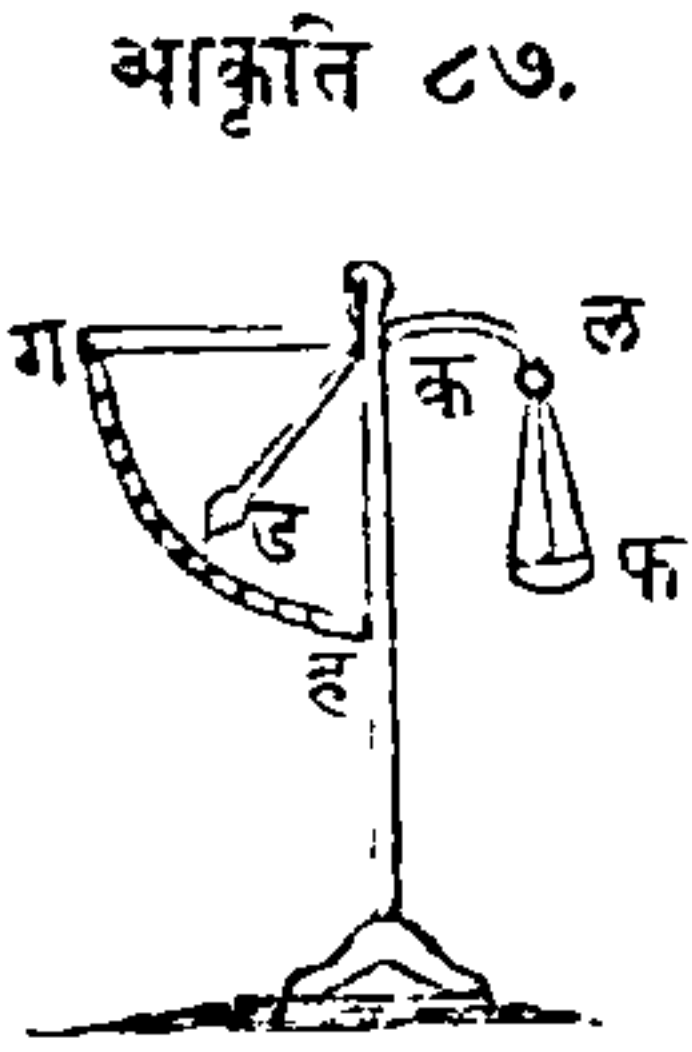
आकृति ८५.



पाण्याचा लहान बंवाचा दांडा या जातीचे उदाहरण आहे, त्यांत त्या दांड्याचे शेवटास जो मनुष्य आपला भार पाणी उडविण्याकरितां घालितो ती शक्ति, वर उच्चलावयाचे पाणी आणि दांड्याचे घर्षण हा प्रतिबंध, आणि जो दांड्याचा सांधा तो टेंकू असतो.



जेव्हां हातोडा खिळा काढायस घेतात, तेव्हां तो या प्रकारचा उच्चालक होतो; त्यांत जा क टोंकावर हातोडा टेंकला असतो, तो क विंदु टेंकू आहे, (आकृति ८६) आणि शक्ति, हातोड्याचा दांड्याचे शेवटास अजवळ लावितात आणि खिळ्याचा वाहेर येण्यास जो प्रतिबंध तें वजन.



वाजूवरील आकृतींत जें यंत्र दाखविलें आहे, त्यास वांकडा उच्चालकरूप तराजू म्हणतात, (आकृति ८७), त्यांत वांकड्या उच्चालकाची वाजू ल आहे, त्यापासून वजन करावयाचे पदार्थ ठेवण्याकरितां एक फ परडे टांगलें आहे; दुसऱ्या कड वाजूचा शेवटास एक जड गोळा बसविलेला आहे, तो त्रिभागिलेल्या ग ह कौसावरून फिरतो. जेव्हां फ परड्यांत एखादें वजन ठेवें, तेव्हां त्याचा योगानें तो गोळा कौसावरून वर चढेल हें उघड आहे. असें असतां जेव्हां तो गोळा परड्यांतील वजनास तेलून धरील अशा ठिकाणीं येतो, तेव्हां त्या गोळ्यासमोर कौसावर जो भाग येतो, तितकें त्या पदा-



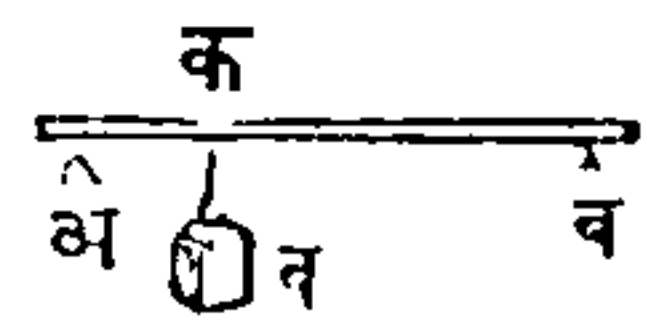
थांचें वजन आहे असें समजतें. प्रत्यक्ष अनुभवावरून, अथवा गणितानें कांहीं वजनाचीं ठिकाणें ठरवितां येतात; तीं त्या कौसावर मांडिल्यावर फ परज्यांतील पदार्थांचें वजन किती आहे तें ड टोंक कौसावर दाखवील.

मागें सांगितलेल्या सर्व उदाहरणांवरून असें लक्षांत येईल कीं उच्चालकाचा आकार कसाही असो, आणि प्रेरणा कशीही तिर्कस लागू झालेली असली, तथापि मनामध्ये प्रेरणेचा दिशेस टेंकूपासून लंब काढून, त्यावरून गणित केलें असतां, उच्चालकाचा सामर्थ्याचा निर्णय करितां येईल.

येथपावेतो निरनिराळे जातीचे उच्चालकांचा विचार झाला, आतां हा अध्याय पुरा करण्याचे पूर्वी दोन आधारांवर एक बहाल ठेविलें असतां काय परिणाम होतो यांचा विचार करितों.—

जेव्हां एक बहाल, अ ब अशा दोन टेंकूवर राहतें, आणि कांहीं वजन त्याचामध्ये कोठें तरौ क जवळ टांगिलें असतें, (आकृति ८८), तेव्हां जा तन्हेनें या वजनाचा भार त्या दोन

आकृति ८८.



टेंकूवर पडतो, त्याची गणना मागील लिहिलेल्या कारणावरून करितां येईल. जर ब आधारावरील भार शक्ति असें मानिलें आणि ती शक्ति व वजनास दुसऱ्या प्रकारचा व अ उच्चालकाचा योगानें उचलून धरित्ये असें मानिलें, तर शक्ति आणि उच्चालकाची ब अ सर्व लांबी यांचा गुणाकार, वजन आणि क अ तोंकडी बाजू यांचा

गुणाकाराबरोबर होईल. जर अ ब उच्चालकाचा एक तृतीयांश अ क आणि दोन तृतीयांश क ब असेल, तर ब वर सर्व वजनाचा एक तृतीयांश भार पडेल, आणि अ वर बाकीचे दोन तृतीयांशांचा भार पडेल. या उदाहरणापासून हे उघड होतं की, जर ब आणि अ यांचा बरोबर मध्यभागीं ते वजन टांगिलं, तर प्रत्येक आधारावर त्या वजनाचा निमे भार पडेल.

---

## अध्याय ८.

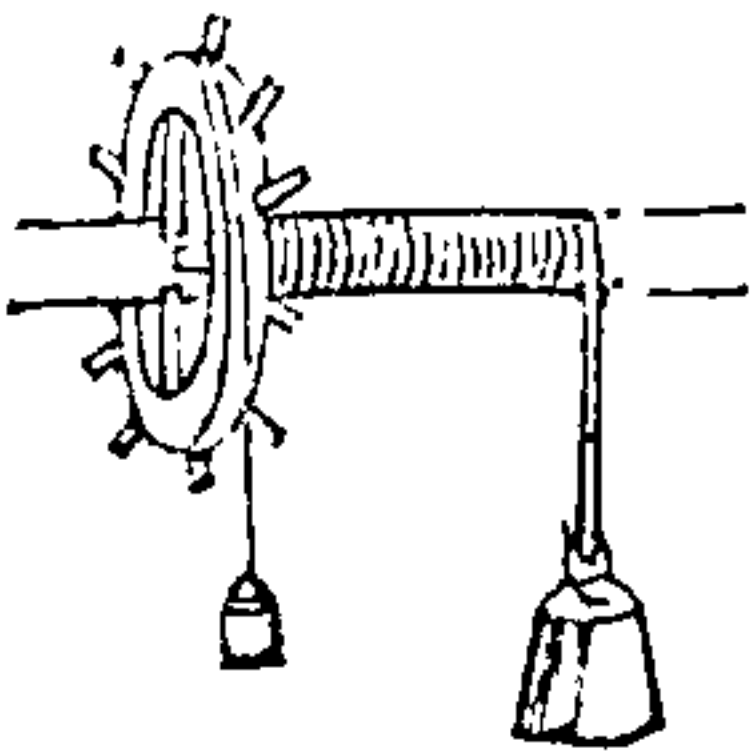
### आंसास खिळलेले चाक.

पदार्थास चलन देण्याचा उच्चालकाचा व्यापार थोडा थोडा आणि विसांव्याने घडतो असे पूर्वी दाखविले. ५८ व्या आकृतीत वजन व पासून क पर्यंत चढल्या नंतर तीच कृति पुनः करण्यासाठी, उच्चालकास पुनः आपल्या पूर्व स्थितीवर यावे लागते. आणि त्याचा या परत येण्याचा कालांत, वजन दुसऱ्या कांहीं उपायाने उचलून धरिले पाहिजे. जेव्हां लहान शक्तीने मोठे वजन थोड्या स्थळांतून उचलावयाचे असते, तेव्हां मात्र उच्चालकाचा उपयोग करितात, आणि अशाच प्रसंगी त्यापासून इच्छिलेले फळ उत्पन्न होते.

उच्चालकाचा व्यापार हवा तितका वाढवितां यावा, आणि तो अखंड व्हावा, याकरितां आंसास खिळलेले चाक ही एक योजना आहे; त्यांत एका चाकास आंस खिळलेला असतो, असा कीं तीं दोनही एकदांच फिरावीं, त्यांत शक्ति चाकाचा परिघाशीं लावितात, आणि जें वजन उचलावयाचे असते तें एका दोरास बांधलेले असते आणि तो दोर आंसाभोवतीं गुंडाळतो. या यंत्राचा उपयोग पुढील रीतीने करितात; आंसाचीं दोन टोके आडवीं ठेविलीं असतात, अशीं कीं चाक आणि आंस यांचा जो साधारण आंस त्याभोवतीं तें सर्व यंत्र सहज फिरावे. कांहीं प्रेरणेनें चाक फिरवितात आणि त्याचा योगाने

आंसही फिरतो; एक दोर चाकास कोठे तरी बांधलेला असून तो चाकावर गुंडाळिलेला असतो, त्याचा योगाने वरची गोष्ट घडत्ये, दुसरा एक दोर आंसास बांधिलेला असतो आणि जेव्हा चाकावरोवर आंस फिरतो तेव्हा त्याभोवता तो गुंडाळतो. जो आंसाचा दोर खाली लोंबत असतो, त्यास वजन टांगितात; आणि चाकाशी लालिलेली शक्ति, चाकास व आंसास फिरविले, ह्मणून आंसाचा दोराने वजन वर येते. यंत्राचा या वर्णनावरून असे लक्षांत येईल, कीं त्यावर दोन विरुद्ध प्रेरणा आहेत, आणि त्या एकमेकास विरुद्ध अशा रीतीने लागू आहेत, त्यांतील एक प्रेरणा वजन आहे, ती यंत्रास एक वाजून फिरविले, आणि दुसरी प्रेरणा शक्ति आहे, ती त्यास दुसऱ्या वाजूस फिरविले. या दोन प्रेरणा साधारण आंसापासून निरनिराळ्या अंतरांवरून लागू होतात; आंसाचा त्रिज्येइतक्या अंतरावरून वजन लागू होतें, आणि चा-

आकृति ८९.

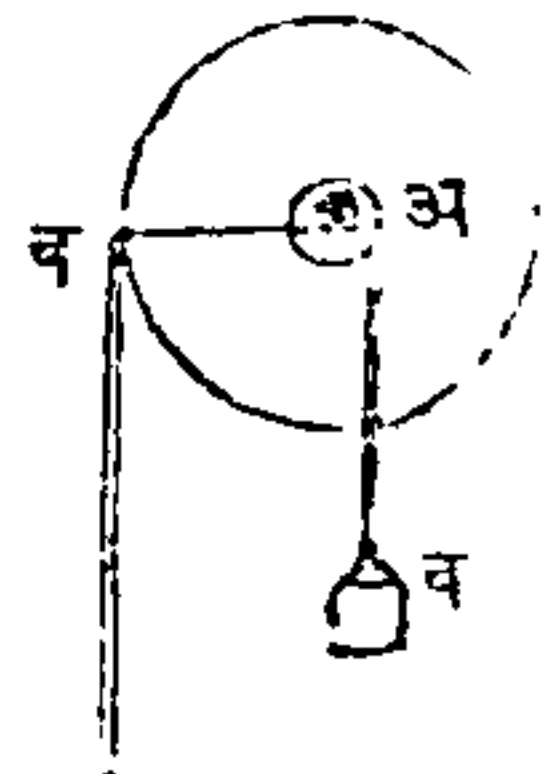


काचा त्रिज्येइतके अंतरावरून शक्ति लागू होय. वाजूवरील (८९ व्या आकृतींत) एक चाक आणि त्यास बसविलेला आंस आहे, आणि आंसावरोवर तें चाक फिरतें; जर चाकावरचा दोरास हिसका देऊन चाक एक वेळा फिरविलें, तर चाकाचा

परिघाइतका दोर सुटा होईल हें उघड आहे; परंतु चाकाचा एक वेळ्यावरोवर आंसाचाही एक वेळा होतो; यामुळे जा दोरास वजन टांगिलें असतें, तो दोर आंसा-

भोंवता एक वेळ गुंडाळतो, आणि तेणेंकरून आंसाचा परिघ जितका असेल तितकें वजन वर येतें. यावरून चाक्राचा परिघास जसा आंसाचा परिघ प्रमाण आहे, तसा शक्तीचा वेग वजनाचा वेगास प्रमाण होईल. चाक्र आणि आंस यांमधील प्रमाणाइतकें, जर शक्ति आणि वजन यांतील प्रमाण असेल, तर हें यंत्र समतोल राहिल; यावरून असे दिसतें कीं, चाक्राचा व्यास आणि आंसाचा व्यास यांमध्ये जें प्रमाण असतें, तें या यंत्राची शक्ति दाखवितें. जसें, चाक्राचा व्यास १२ इंच आणि आंसाचा व्यास १ इंच आहे असें मनांत आण; तर १ तोळ्याची शक्ति चाक्रास लाविली असतां, आंसावर १२ तोळ्यांचा वजनास तोलून धरील; आणि याहून किंचित् अधिक प्रेरणा लागू केली असतां, आंसासहित चाक्र फिरेल आणि वजन वर येईल. आंसास खिळलेलें चाक्र एक सततवर्ती उच्चालक आहे. ९० वी आकृति वरचा यंत्राचें छिन्न आहे, आणि त्याचा व्यापार उच्चालकासारिखा कसा होतो हें दाखविले. यंत्राचा मध्यांतून अ पासून ब पर्यंत जी रेघ जात्ये, तो उच्चालक आहे आणि त्याचा मध्य क आहे; अ व दोरास टांगिलेले व वजन, आंसाचा अ क त्रिज्येइतके अंतरावर लावले आहे; बप दोरास टांगिलेली प शक्ति चाक्राचा ब क त्रिज्येचा अंतरावर लाविली आहे; या उच्चालकाचा लांब वाजू चाक्राचा अर्धव्यासाबरोबर आहे, आणि तोंकडी वाजू आंसाचा अर्धव्यासाबरोबर आहे;

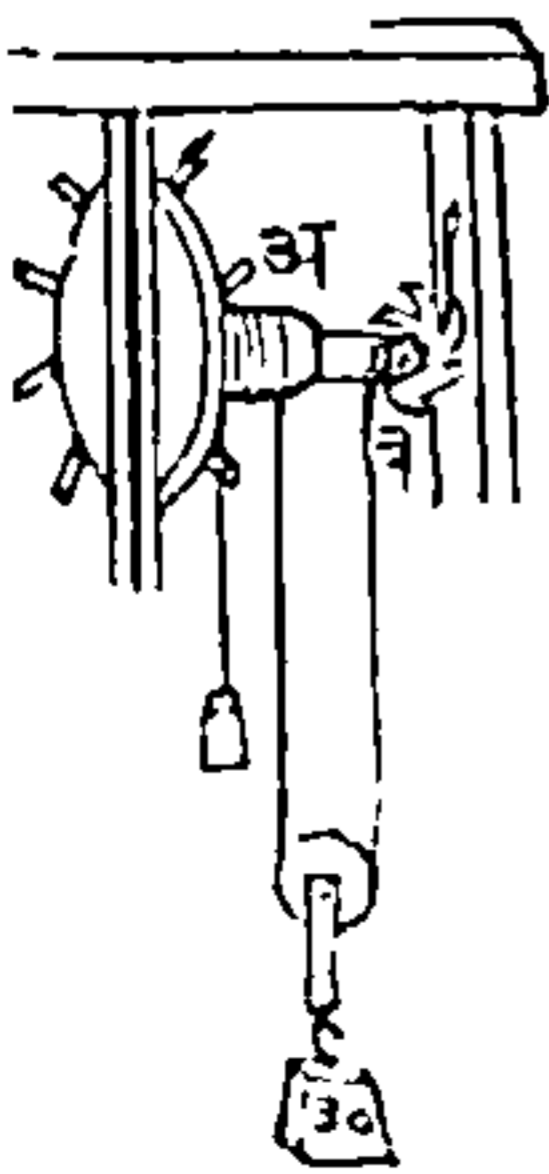
आकृति ९०.





यामुळें उच्चालकाचा आधारावरून, वजन आणि टेंकूपासून त्याचें अंतर (ह्मणजे आंसाचा अर्ध व्यास) यांचा गुणाकार करावा, नंतर शक्ति आणि टेंकूपासून तिचें अंतर (ह्मणजे चाकाचा अर्धव्यास) यांचाही गुणाकार करावा, आणि जर हे दोनही गुणाकार बरोबर असतील, तर शक्ति वजनास तोलून धरील. यापासून असें दिसतें कीं, चाक जितकें मोठें असेल आणि आंस जितका लहान असेल, तितकें यंत्राचें सामर्थ्य अधिक होईल; परंतु त्याच प्रमाणानें वजन हळू हळू वर चढेल. मागें लिहिल्यावरून असें दिसतें कीं, आंसास खिळलेल्ये चाकाची यांत्रिकशक्ति दोन रीतीनीं वाढवितां येत्ये; आंसांची त्रिज्या कमी केल्याने, अथवा चाकाची त्रिज्या वाढविल्याने. व्यवहारांत जेथें या गोष्टीचा उपयोग करावा लागतो, तेथें जर शक्तीपेक्षां वजन अतिशय मोठें असलें, तर आंस वारिक करावा लागेल, आणि अशानें तो कदाचित् वजनाचा भार सहन करूं शकणार नाहीं, अथवा जर चाकाची त्रिज्या मोठी केली तर, तेणेंकरून शक्ति अतिशय मोठ्या स्थळांतून लागू करावी लागेल, ह्मणून यंत्र केवळ अवजड मात्र होईल; या दोनही अडचणी चुकविण्याकरितां आंसाचा निरनिराळ्या भागांस भिन्नभिन्न तऱ्हेची जाडी दिल्यानें यंत्राचा आंगां हवी तितकी वळकटी असून तें अवजडही होत नाहीं, आणि त्याचा आंगां यांत्रिकसामर्थ्यही अधिक

आकृति ९१.

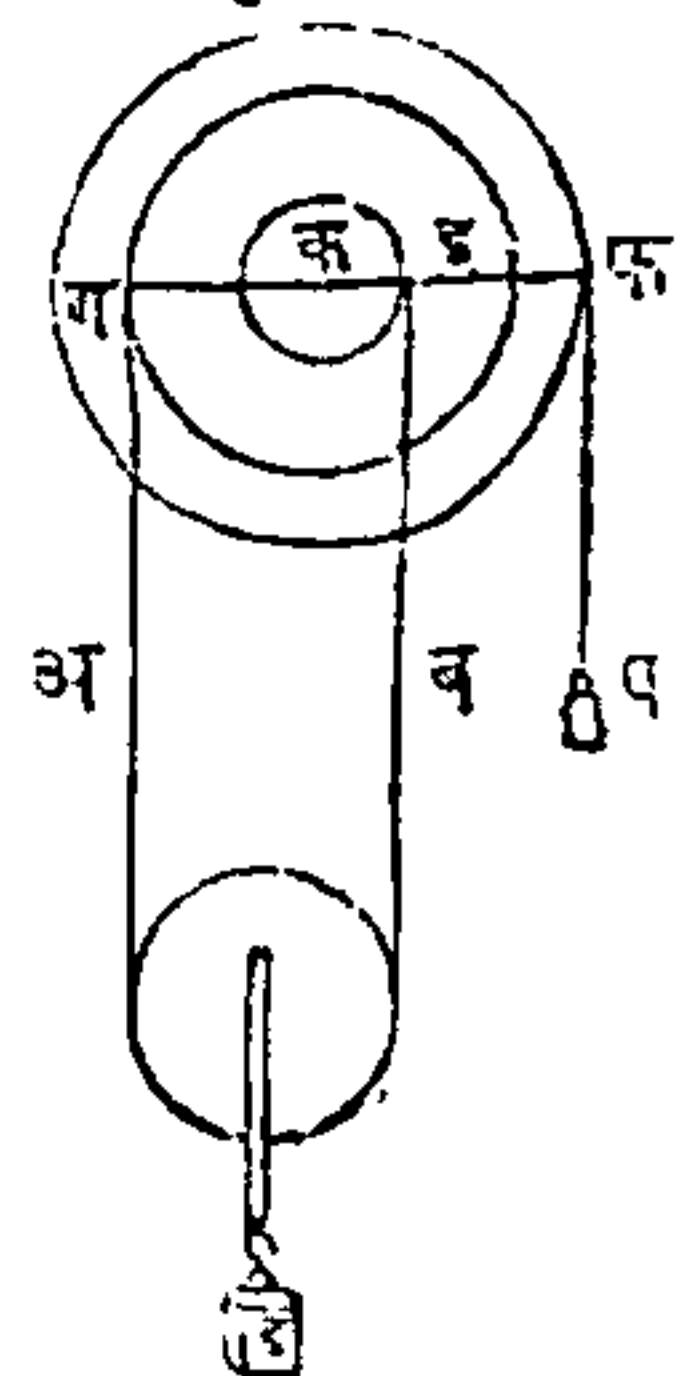


शक्ति अतिशय मोठ्या स्थळांतून लागू करावी लागेल, ह्मणून यंत्र केवळ अवजड मात्र होईल; या दोनही अडचणी चुकविण्याकरितां आंसाचा निरनिराळ्या भागांस भिन्नभिन्न तऱ्हेची जाडी दिल्यानें यंत्राचा आंगां हवी तितकी वळकटी असून तें अवजडही होत नाहीं, आणि त्याचा आंगां यांत्रिकसामर्थ्यही अधिक

येतें. ही युक्ति ९१ व्या आकृतींत दाखविली आहे, त्यांत अ व ब आंसाचे दोन भाग आहेत, आणि एका भागाचा व्यास दुसऱ्याचा व्यासापेक्षां कमी आहे. एक दोर आंसाचा बारीक भागास गुंडाळून, त्याचें दुसरें टोंक एका चाकांतून नेऊन आंसाचा जाड भागास उलटें गुंडाळितात, उचलावयाचें वजन दोरांत ओंवलेल्या चाकास टांगलेले असतें. नंतर दोर जाड्या भागाभोंवता गुंडाळला जावा अशा रीतीनें जेव्हां आंस फिरवावा, तेव्हां अर्थातच तो बारीक भागापासून उलगडतो, आणि चाकाचा एक फेरा झाला असता, जाड्या भागाचा परिघाइतका दोर वर येतो आणि त्याच काळांत बारीक भागाचा परिघाइतका दोर खालीं जातो. यावरून यंत्राचा एका फेर्यापासून आंसाचा जाडा आणि बारीक भाग यांचे परिघांचा अंतराइतका वजन टांगिलेला दोर वर येतो.

वर सांगितलेल्या यंत्राचें छिन्न वाजूवरील (९२वी) आकृति आहे, त्यांत ड वजनास दोराचें अ आणि ब भाग उचलून धरितात, आणि त्यांतील प्रत्येक भाग ड वजनाचा अर्धानें ताणिला जातो; जसजसें यंत्र फिरतें त्याप्रमाणें आंसाचा बारीक भागापासून जाड्या भागाकडे दोर जातो; अति मोठ्ये वर्तुळाभोंवतां जो दोर गुंडाळिला आहे, त्यास शक्ति लाविली असत्ये.—फ आणि इ प्रेरणा मध्याचे एकाच वाजूवर लागू होतात, ह्मणून त्या ग स्थळींचे प्रेरणेस

आकृति ९२.



तोलून धरितील हें उघड आहे; आणि ड वजनाचा भार दो-  
राचा अ आणि ब भागांनीं बरोबर उचलिला आहे, ह्यणून इ  
स्थळींची प्रेरणा ग जवळचा प्रेरणेबरोबर आहे, आणि जर  
क इ अंतर ग क अंतराबरोबर असेल, तर प शक्ति बां-  
चून नुसती इ प्रेरणा ग प्रेरणेस तोलून धरील; आतां उच्चा-  
लकाचा मूळकारणावरून प आणि इ यांचे मोमेंट ग  
चा मोमेंटाबरोबर असावे; यावरून जर प ला चाकाचा  
त्रिज्येनें गुणिलें, आणि अर्ध वजनास आंसाचा बारीक  
भागाचा त्रिज्येनें गुणून या दोन गुणाकारांची बेरीज  
घेतली, तर बाकीचें अर्धवजन आणि आंसाचा जाड्या  
भागाची त्रिज्या यांचा गुणाकार येईल. यावरून असें  
दिसतें कीं, चाकाची त्रिज्या हाच एक उचालक आहे,  
त्या त्रिज्येनें जर शक्तीस गुणिलें तर तो गुणाकार, अर्ध-  
वजनास आंसाचा जाडा आणि बारीक भाग यांचा त्रिज्यां-  
चा अंतरानें गुणून जो गुणाकार येईल, त्याचे बरोबर  
आहे.

मध्यापासून इ ब पेक्षां ग अ अधिक लांब आहे, ह्य-  
णून जर त्यास प्रतिबद्धक प्रेरणा फ स्थळीं नसती, तर ग  
अ जवळ टांगिलेलें वजन अधिक झालें असतें; आणि क  
आणि ग यांचें अंतर, क आणि इ यांचें अंतरावजवळ  
जितकें अधिक येत जाईल, त्याप्रमाणें वजनास तोलून  
धरण्यास फ स्थळीं प्रेरणा कमी लागेल. जर या रच-  
नेस उचालक असें मानिलें, तर अर्धवजनास क ग अंत-  
रानें गुणिल्यानें क ग बाजूवरील मोमेंट येईल, आणि  
अर्धवजनास क इ नें गुणिलें असतां, क इ बाजूवरील

मोमेंट होईल, आणि हा मोमेंट क ग वाजूवरील मोमेंटाचा विरुद्ध आहे, क इ वाजूवरील मोमेंटापेक्षां क ग वाजूवरील मोमेंट अधिक आहे, ह्मणून त्या दोहोंचा अंतरास प्रतिबद्धक होण्यासाठीं फ स्थळीं कांहीं प प्रेरणा असावी. मनांत आण कीं, क ग ४ इंच, क इ ३ इंच आणि क फ १० इंच, आणि ड वजन ४०० शेर आहे, यावरून प्रत्येक दोरीवर भार २०० शेरांचा आहे. उच्चालकाचा मूळकारणाप्रमाणें, डचें अर्धवजन २०० शेर आणि क पासून त्याचें अंतर ४ इंच यांचा गुणाकार ह्मणजे ८००, हा क ग वाजूवरील गचा मोमेंट आहे, आणि क इ वाजूवरील इ चा मोमेंट  $२०० \times ३$  अथवा ६०० आहे; यावरून त्या दोन मोमेंटांचें अंतर २०० आहे, त्यास फ स्थळींचा शक्तीनें तोलून धरिलें पाहिजे. फ स्थळीं किती वजन असावें तें काढण्यासाठीं, जा २०० शेरांस तोलून धरण्याचें आहे, त्यांस क फ अंतरानें भागावें; यापक्षां तें अंतर १० इंच कल्पिलें आहे, ह्मणून २०० भागिले १०, तर भागाकार २० येतो; यावरून या यंत्राचा योगानें प स्थळीं २० शेर लाविले असतां ड स्थळीं ४०० शेर तोलितां येतील.

कांहींपक्षां शक्तीचा व्यापार वारंवार बंद करावा लागतो, तेव्हां वजन वर आल्यानें जो नफा झाला असतो तो तें खालीं गेल्यानें सर्व नाहीसा होतो; असें न होऊं देण्यासाठीं आंसास एक चाक्र बसविलेले असतें, तें ९१ वाव्या आकृतींत दाखविलें आहे. त्या चाक्रास दांत असतात व ते एक वाजूस लवविलेले असतात. एक खुंटी

चाक्राचा वरल्या बाजूस एका खिळ्यावर फिरे अशी वस-  
विलेली असत्ये, ती चाक्राचा दांत्यांत येऊन पडत्ये. जे-  
व्हां आंस फिरतो तेव्हां हें दांत्यांचें चाकही त्यावरोवर  
फिरतें आणि ती खुंटीही त्या चाक्राचा दांत्यांत पडत  
जात्ये, आणि जेव्हां शक्तीचा व्यापार बंद होतो, तेव्हां त्या  
चाक्रास परत फिरूं देत नाहीं. या युक्तीनें पूर्वी झालेलें  
कार्य तसेंच ठेवून इच्छेस येईल तेव्हां शक्ति दूर करितां  
येत्ये.

आंसास खिळलेल्या चाक्राचा वर लिहिलेल्या वर्णना-  
वरून असें दृष्टीस येईल कीं, विर्तुअल् विलोसिती वि-  
षयीं जो नियम पूर्वी सांगितला, तो जसा उच्चालकास  
लागू होतो, तसा या यंत्रासही लागू होतो; ह्मणून जर  
आंसास खिळलेल्या चाक्रावर दोन प्रेरणा एकमेकास तो-  
लून धरितात, आणि जर सर्व यंत्र चालू आहे, तर लावि-  
लेल्या वजनांचें जा स्थळांतून गमन घडतें, त्यांस त्या  
वजनांनीं गुणिलें असतां दोनही गुणाकार बरोबर होतील.

एक लहान वजन (आकृति ८९ पाहा,) चाक्राचा  
परिघास टांगिलें आहे, तें आंसाचा परिघास टांगिलेल्या  
दुसऱ्या मोठ्या वजनास उचलून धरितें, असें मनांत आण,  
तर आंसाची त्रिज्या अथवा परिघ जसा चाक्राचा त्रिज्येस  
अथवा परिघास आहे, तसें लहान वजन मोठ्या वजनास  
होईल; आंसास खिळलेलें चाक जर एकवार फिरविलें,  
तर चाक्राचा परिघाइतक्या स्थळांतून लहान वजन खालीं  
जाईल, आणि त्याच काळांत आंसाचा परिघाइतक्या  
स्थळांतून मोठें वजन वर चढेल; आणि हीं स्थळें दोन



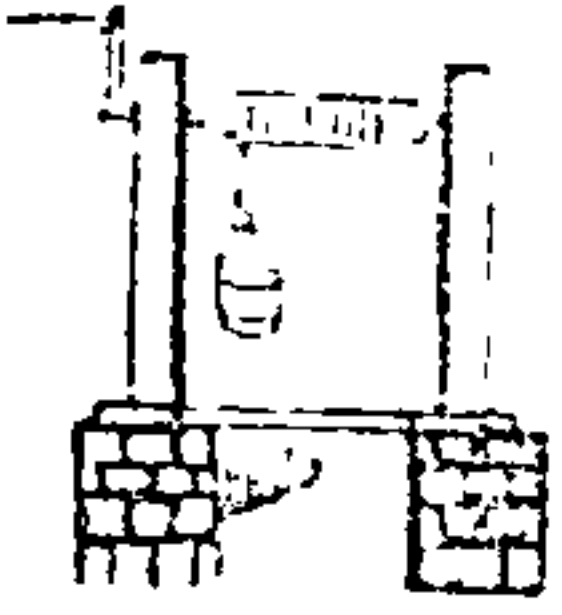
वजनांशीं प्रमाणांत आहेत, ह्यणून लहान वजन आणि त्याचा गमनाचें स्थळ (ह्यणजे चाक्राचा परिघ) यांचा गुणाकार, मोठें वजन आणि त्याचा गमनाचें स्थळ (ह्यणजे आंसाचा परिघ), यांचा गुणाकाराबरोबर होईल.

९१ व्या आकृतीप्रमाणें जेव्हां आंसाचा एक भाग दुसऱ्या भागापेक्षां जाड असतो, तेव्हां ही वरची गोष्ट लागू होत्ये. चाक्र एक वेळ फिरविलें असतां आंसाचा जाडा भाग अ आणि बारीक भाग ब हे दोनही त्याबरोबर फिरतात; आणि त्यासमयीं आंसाचा जाड्या भागाभोंवतीं दोराचें एक टोंक गुंडाळतें आणि लागलेंच दोराचें दुसरें टोंक आंसाचा बारीक भागापासून उलगडतें; असें झाल्यानें आंसाचा जाडे भागाचा परिघाइतकें दोराचें एक टोंक कमी होतें, आणि आंसांचा बारीक भागाचा परिघाइतकें दोराचें दुसरें टोंक लांब होतें; यावरून दोन आंसांचा परिघांचा अंतराइतक्या परिमाणानें सर्व दोर कमी होतो, आणि त्या अंतराचा अर्धाइतक्या स्थळांतून वजन वर येतें. यावरून असें ठरवितां येतें कीं चाक्राचा त्रिज्येस जसें आंसाचा दोन त्रिज्यांचें अर्ध अंतर, अथवा चाक्राचा त्रिज्येचे दुपटीस जसें आंसांचा त्रिज्यांचें अंतर, तसें शक्तीचे गमनस्थळास वजनाचें गमनस्थळ होईल; यामुळें शक्तीला तिचा गमनस्थळानें गुणून तो गुणाकार जर, वजन आणि त्याचें गमनस्थळ यांचा गुणाकाराबरोबर येईल, तर शक्ति वजनास तोलून धरोल.

चाक्रास शक्ति लागू करण्याचा तऱ्हा अनेक आहेत; शक्तीची योजना चाक्राचा द्वारानें आंसावर करावी ती

कधीं कधीं तशी न करितां, ९३ व्या आकृतीप्रमाणें आंसास एक लोखंडी दांडा बसवितात, तो उच्चालकाचें काम करितो, आणि त्याचा वाटोळ्या फिरण्यानें चाकाचें काम होतें. या यंत्रानें विहिरींतून पोहोऱ्यानें पाणी काढितात, विहीर खोल असल्यानें कधीं कधीं दोर आंसाभोंवतीं एक वेळेपेक्षां

आकृति ९३.

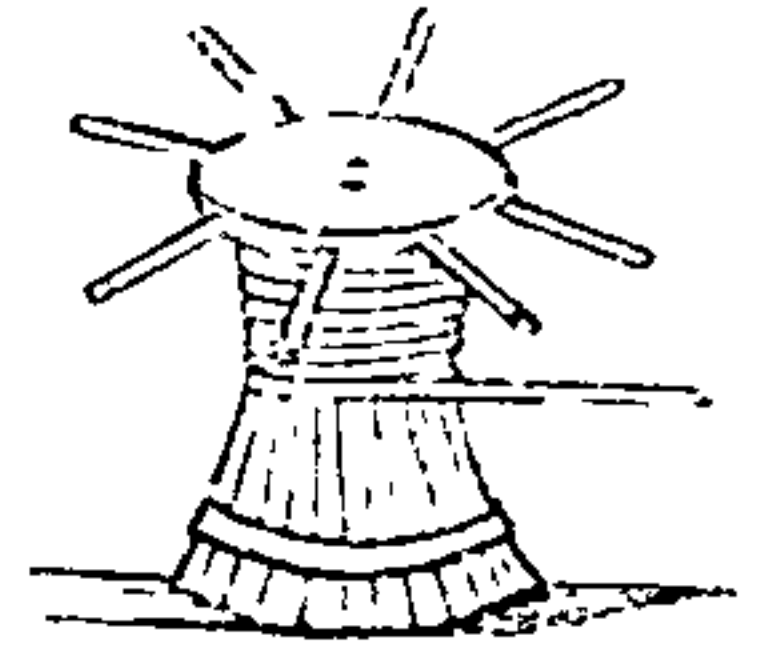


अधिक वेळा गुंडाळतो; अशा पक्षां जेव्हां पोहोरा विहिरीचा तोंडाशीं येऊं लागतो, तेव्हां दांडा फिरविण्यास अधिक कठिण पडतें; कारण कीं, आंसाचा परिघापेक्षां चाकाचा परिघ जितका मोठा असेल, त्याप्रमाणें नफा होईल; ह्मणून एकवार सर्व आंसाभोंवतीं दोर गुंडाळिल्यावर, दुसऱ्या वेळेस दोर गुंडाळूं लागला असतां चाकाचा परिघ आणि आंसाचा परिघ यांचें अंतर कमी होत जातें, आणि तेणेंकरून प्रतिक्षणीं दोराचा गुंडाळण्याचा आरंभ नव्यानें झाल्यावर यंत्राचा नफा कमी होत जातो.

कधीं कधीं चाकाचा परिघास सारख्या अंतरावर खुंट्या मारिलेल्या असतात (८९ आ० पाहा;) त्यांस हातांची शक्ति लावितात. शक्तीचा या जातीचा योजनेचें उदाहरण, मोठ्या गलबताचे सुकाण हलविण्याचें जें चाक असतें, त्यापासून चांगलें दृष्टीस पडतें, या चाकाचा आंस आणि पाणी काढावयाचा हातराहाटाचा आंस हे दोनही आडवे असतात, आणि मोठ्या गलबतावरील नागर ओढण्याचा यंत्राचा आंस उभा असतो. त्या यंत्राचा अशा स्थितीपासून जो नफा होतो तो उघड आहे त्या यंत्राची

आकृति ९४ वी आहे. याचा आंसाभोवते सारिख्या अंतराने कित्येक उच्चालक बसविलेले असतात, त्यांतून प्रत्येकास एक किंवा दोन मनुष्य लावून ते त्या उच्चालकास वाटोळें फिरवितात; हे दांडे जसे फिरतात त्याप्रमाणें उभा आंसाही त्यांचावरोवर फिरतो, आणि तेणेंकरून दोर आंसाभोवता गुंडाळून वजन जवळ येतें.

आकृति ९४.



या यंत्राचा उपयोग गलबताचे नागर उचलण्यांत मुख्यत्वेकरून करितात. काम करायाचें नसतें तेव्हां दांडे काढून एकीकडे ठेवितात.

या यंत्राचे सामर्थ्याची गणना करित्येसमयीं, आंसांत खिळलेल्या चाकासारिखां प्रमाणें घेतलीं पाहिजेत; जसें, चाकाचा त्रिज्येस (ह्मणजे या पक्षां आंसाची अर्ध जाडी आणि दांड्यांची लांबी मिळून चाकाची त्रिज्या होत्ये) जशी आंसाची त्रिज्या, तसा एका दांड्याचा टोंकास एक मनुष्य आपली शक्ति लावून सर्व वजनाचा जो अंश उचलतो, त्यास त्या मनुष्याची शक्ति प्रमाण होईल.

मनांत आण कीं, २०,००० शेरांचे वजनाचा दगड उचलावयाचा आहे, आणि अशा जातीचीं दहायंत्रें त्या दगडाभोवतीं ठेविलीं आहेत, आणि प्रत्येक यंत्रास दहा दांडे आहेत, त्यांस एक एक मनुष्य लाविला आहे. आंसाची त्रिज्या ६ इंच आणि दांडा  $५\frac{१}{२}$  फुटी लांब, आणि मनुष्याचे जोर २०० शेरांबरोबर आहे असें मनांत आण.

या पक्षां दांड्याची लांबी  $५\frac{१}{२}$  फुटी आहे, तीस जर आंसाची त्रिज्या ६ इंच मिळविली, तर बेरीज ६ फुटी होईल, ती चाकाची त्रिज्या होईल. यावरून ६ इंच आंसाचा त्रिज्येस जशी ७२ इंच चाकाची त्रिज्या, ह्मणजे जसे १ एकास १२, तसे एका मनुष्याचे शक्तीस, त्याणें उचलिलेले वजन होईल, यावरून जसे १ स १२, तसे २०० शेर एका मनुष्यानें उचलिलेल्या वजनास होतील, ह्मणजे २४०० शेरांस. सर्व वजन उचलावयासाठीं १० यंत्रें होतीं आणि प्रत्येकास दहा मनुष्ये होतीं, ह्मणून वर आलेल्या एक मनुष्याचा अंशास ह्मणजे २४०० शेरांस १०० नीं गुणिलें असतां गुणाकार २,४०,००० शेर होतो, तो उचलावयाचा वजनापेक्षां अतिशय मोठा आहे. रोम शहरांतील सेंट पीतर देवळाचा समोरचा भागांतील मोठी दिपमाळ, इतली देशचा कारागिर डोमिनिको फोनताना याणें वरचासारिखां पुष्कळ यंत्रें एकत्र मिळवून, त्यांचा योगानें ती तेथून सारिली, तिचें वजन सुमारें दहा लक्ष पौंड आहे.

आंसाम खिळलेल्या चाकास लावलेल्या शक्तीपेक्षां जर वजन अतिशय मोठें असेल, तर कदाचित् त्याचा आंस मोडेल, अथवा तें उचलण्यासाठीं चाक मोठें अवजड करावें लागेल असें वर सांगितलें; यावरून जेव्हां मोठ्या शक्तीची गरज असत्ये, तेव्हां मिश्र उच्चालकाप्रमाणें, आंसास खिळलेल्या चाकांचे संयोग करितां येतात, आणि दोहों पक्षां तुलनेचे नियम एकसारिखेच असतात.

मिश्र चक्ररूप यंत्रांत पहिल्या चाकाचा परिघास शक्ति



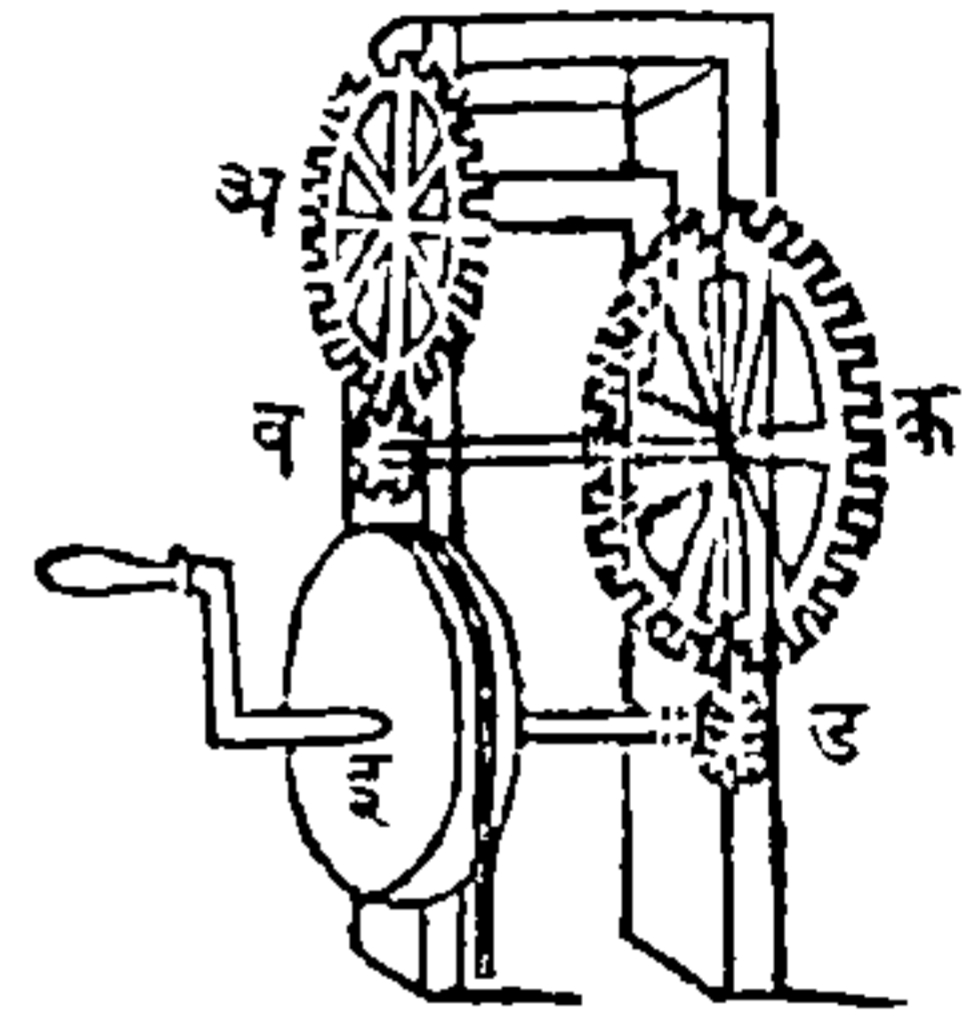


१३३

लाविलेली असले, तिचे फळ घाकाच्या योगाने पहिल्या आंसाचा परिष्कार जाते. हा घास वजनाचा भार सोशील असा जाड आणि वळकट केला असतो, आणि

सेईस पडेल अशा तऱ्हेने या आंसाचे चाक मोठे असते, आणि त्याचा घेऱ्यास वाजूवरील आकृतीप्रमाणे दांखे असतात, (आ० ९५) हे चाक दुसऱ्या एका लहान चाकावर लागू असते, त्यास संयोगी चक्र म्हणतात; हे चक्र दुसऱ्या एका आंसास खिळलेले असते, आणि त्यास अशा तऱ्हेने

आकृति ९५.



वसवितात कीं तें चाक व हे संयोगी चक्र हीं दोनही फिरूं लागलीं असतां परस्परांचे दांखे एकमेकास लागू व्हावे. या दुसऱ्या आंसाचा शेवटास एक मोठे चाक वसविलेले असते, आणि त्याचा धारेसही दांखे असतात; आणि या चाकाखालीं दुसरें एक संयोगी चक्र आंसास खिळवून वसवितात. या संयोगी चक्राचा आंसाचा दुसऱ्या वाजूस एक चाक असते, त्यास सर्व यंत्र चालविणारी शक्ति लावितात. हीं सर्व चाकें वाजूवरील आकृतींत दाखविलीं आहेत. मोठीं चाकें आणि लहान संयोगी चक्रे यांचा या संयोगांत, सततवर्ती असा एक लांब उच्चालक, एका सततवर्ती लहान उच्चालकावर लागू होतो असें असते; तेणेंकरून पुष्कळ यांत्रिक हित होतें. नुसत्या पहिल्या चाकाची त्रिज्या वाढविली असतां जो स्वार्थ झाला



असता, तोच स्वार्थ या सर्व संयोगापासून होतो, आणि पुनः तो अति सुलभपणाने आणि अडचणीवांचून घडतो. अशा जातीचा यंत्रांत जितकीं चाकें असतात त्यांजवर लागू होणाऱ्या सर्व शक्तींचा गुणाकार केल्याने आंसास खिळलेल्या चाकाचा शक्तीची गणना करितां येत्ये. निरनिराळ्या चाकांचे परिघ अथवा व्यास आणि त्यांचे त्यांचे आंसांचे परिघ अथवा व्यास यांतील जे प्रमाणांक असतात, त्यांवरून शक्तीची गणना होत्ये. उदाहरण, ४० शेरांचा शक्तीने ४३२० शेरांचें वजन उचलावयाचें आहे असें मनांत आण, तर यापक्षां त्यांचें प्रमाण १०८ यांस १ असें होईल. पुनः मनांत आण कीं आंसाचा व्यास ८ इंच आहे, आणि तो आंस मोडल्यावांचून वजनास उचलून धरी असा आहे. आतां जर केवळ साध्या यंत्राचा उपयोग केला, तर हें वजन उचलून धरण्यासाठीं ८ इंच व्यासाचा आंसास, ७२ फुटी ह्मणजे ८६४ इंच व्यासाचें चाक पाहिजे हें उघड आहे. कारण १०८ वजनास, जर आंसाचा व्यास, ह्मणजे ८ इंच, यांणीं गुणिलें, तर गुणाकार ८६४ येतो; ह्मणून यांस तोलून धरण्यासाठीं चाकाचा व्यास ८६४ इंच असला पाहिजे, ह्मणजे  $८६४ \times १$  (शक्ति) = ८६४. परंतु इतक्या मोठ्या चाकाचें यंत्र अवजड आणि चालविण्यास कठीण यामुळे चाकांचे संयोग कामांत आणले पाहिजेत.

जर शक्ति १ असून तिचा वेग २० असेल, आणि वजन २० असून त्याचा वेग १ असेल, तर शक्ति आणि वजन हीं परस्परांस तोलून धरतील असें मार्गें दाखविलें.

यावरून या मिश्र चाक्राचा योगानें शक्ति इतकी वाढ-  
विली कीं, तिला तिचा वेगानें गुणिलें असतां तो गुणाकार,  
जर वजन आणि त्याचा वेग यांचा गुणाकाराबरोबर हो-  
ईल, तर ती शक्ति वजनास उचलील. मार्गोल आकृतींत  
वरचे चाक्र अ, त्याखालचे संयोगी चक्र ब, दुसरे मोठे  
चाक्र क, त्याचा खालचे संयोगी चक्र ड, आणि तिसरे  
मोठे चाक्र इ आहे असें मनांत आण. अ चाक्राची  
त्रिज्या १२ इंच ह्यणजे व्यास २४ इंच; आणि त्याचा  
आंसाची त्रिज्या ४ इंच असें मनांत आण; जर अ चाक्रा-  
चा परिघास शक्ति लागू केली, तर चाक्राचा त्रिज्येस  
जशी आंसाची त्रिज्या, तसा शक्तीचा वेग वजनाचा वेगास  
होईल. ह्यणजे १२ स ४, अथवा ३ स १. आतां  
अशी कल्पना करावी कीं, ब संयोगी चक्राची त्रिज्या २  
इंच आणि त्याचे दांत्ये १२ आणि अ चाक्राचे दांत्ये ७२,  
यावरून त्यांचें प्रमाण १ स ६ असें होईल. पुनः क  
चाक्राचा दांत्यांची संख्या आणि त्याची त्रिज्या अ चाक्रा-  
प्रमाणेच आहे असें मनांत आण. अ चाक्राचा आंसास  
वजन टांगलें आहे असें मनांत आणून, आंसाचा परिघाचा  
वेग आणि चाक्राचा परिघाचा वेग हे ३ स १ या प्रमा-  
णानें होतील; कारण चाक्राची त्रिज्या १२ इंच आणि  
आंसाची त्रिज्या ४ इंच आहे. जेव्हां अ चाक्राचे दांत्ये  
फिरतात, तेव्हां ते ब संयोगी चक्राचा दांत्यांवर लागू  
होऊन त्यांसही आपल्याबरोबर फिरवितात. ह्यणजे वज-  
नास तिप्पट वेगानें फिरवितात. ब संयोगी चक्र फिरूं  
लागलें ह्यणजे तें आपल्याबरोबर आपला आंस आणि क

चाक्र यांसही फिरवितें; आणि ६ स १ या प्रमाणानें क चाक्राचा त्रिज्येस ब संयोगी चक्राची त्रिज्या आहे, ह्यणून ६ स १, या प्रमाणानें क चाक्राचा परिघाचा वेग आणि यामुळें त्यास लावलेल्या शक्तीचा वेग, ब संयोगी चक्राचा वेगास होईल. परंतु वजनापेक्षां ब संयोगी चक्र तिप्पट जलद चालतें, ह्यणून क चाक्रावरचा शक्तीचा वेग ६ पट अधिक असावा; ह्यणजे तो वजनाचा वेगापेक्षां १८ पट अधिक असावा. आतां इ चाक्रावर शक्ति लागू आहे, असें मनांत आण; आणि अशी कल्पना करितों कीं, ड संयोगी चक्राची त्रिज्या आणि त्याचा दांत्यांची संख्या, ब संयोगी चक्राप्रमाणेंच आहेत, आणि इ चाक्राची त्रिज्या क आणि अ चाक्रांचा त्रिज्यांबरोबरच आहे; क चाक्राचे दांत्ये ड संयोगी चक्राचा दांत्यांवर लागू होऊन त्यास आपल्याच वेगानें फिरवितात, आणि तेणेंकरून इ चाक्र फिरतें; आणि चाक्राचा त्रिज्येस जशी संयोगी चक्राची त्रिज्या, तसा इ चाक्राचा वेग असतो, ह्यणजे या पक्षीं तो, वेग ६ स १ असा असतो. वजनाचा वेगापेक्षां ड संयोगी चक्राचा वेग १८ पट अधिक आहे असें वर सांगितलें, आणि इ चाक्राचा परिघावरील शक्तीचा वेग, वजनाचा वेगापेक्षां ६ पट अधिक आहे, ह्यणून ड चा वेगापेक्षांही ६ पट अधिक असावा, ह्यणजे  $६ \times १८$  यांस १ या प्रमाणानें इ शक्तीचा वेगास वजनाचा वेग असावा, ह्यणजे १०८ स, असा असावा; यावरून शक्तीचें परिमाण १ आहे, आणि तिचा वेग १०८ आहे; आणि वजनाचें परिमाण १०८ आहे, आणि त्याचा वेग १ आहे; ह्यणून

शक्ति आणि वजन यांचें मोमेंट बरोबर आहेत, यावरून तीं एकमेकांस उचलून धरतील.

दात्यांचा योगानें एक चाक्र दुसऱ्या चाक्रावर लागू होऊन, एका चाक्राचें चलन दुसऱ्या चाक्रास एकसारिखें देतां यावें, ह्मणून दात्ये असे कापिले पाहिजेत कीं, ते एकमेकावरून सहज जातील; दात्ये करित्येसमयीं फार लक्ष ठेविलें पाहिजे, नाही तर ते एकावर एक घांसून मोडून जातील.

चाक्र आणि संयोगीचक्र यांचा योजनेंत, जा चाक्राचा योगानें संयोगी चक्र फिरतें, त्यापेक्षां संयोगी चक्राचे फेरे अधिक होतात हें उघड आहे; चाक्राशीं जोडिलेले संयोगी चक्राचे फेरे, चाक्राचा फेर्यापेक्षां किती अधिक होतात, हें प्रत्येकाचा दात्यांचा संख्येवरून समजतें. जसें, चाक्राचे दात्ये १००, आणि संयोगी चक्राचे दात्ये १० आहेत, तर चाक्राचा एक फेरा झाला असतां, संयोगी चक्राचे १० फेरे होतील. यावरून एकत्र चालणारें चाक्र आणि संयोगी चक्र या परस्परांचा फेर्यांचें प्रमाण, त्यांचा दात्यांचा संख्यांचा उलट्या प्रमाणाबरोबर होईल.

कधीं कधीं कातड्याची वादी अथवा दोरी यांचा योगानें एका चाक्राचें चलन दुसऱ्या चाक्रास देतात; या युक्तीपासून चाक्रांस एकमेकापासून हव्या तितक्या अंतरावर ठेवतां येतें, आणि तीं एकाच किंवा विरुद्ध दिशेंत फिरवितां येतात, हा एक मोठा नफा होतो; दोन चाक्रांस जोडणारी कातड्याची वादी जेव्हां फार लांब असत्ये, तेव्हां तिचा मध्यभागीं तिला कांहीं आधार नसतो,



यामुळे चलनसमयीं ती फार झोके खाल्ये. वादीचा योगाने एका चाकापासून दुसऱ्या चाकास गति कशी

आकृति ९६.



दाखविले आहे; त्यांत दोनही चाकांचे व्यास एकसारखेच आहेत. जी शक्ति एका चाकास लाविलेली असत्ये, तीच दुसऱ्यावर लागू होत्ये; आणि या पक्षां तीं चाकें समान व्यासाचीं आहेत, ह्मणून, त्यांचे वेग समान होतील, आणि तीं एकाच वाजूनै फिरतील.

जर दोन चाकांतून एकाचा व्यास दुसऱ्याचा व्यासापेक्षां अधिक असेल, तर मोठ्या चाकापेक्षां लहान चाक्र अधिक वेळा फिरेल. उदाहरण, जर मोठ्या चाकाचा व्यास ९ इंच आणि लहानाचा व्यास ३ इंच आहे, तर मोठ्याचा एक फेरा झाला असतां, लहानाचे तीन फेरे होतील.

आकृति ९७.



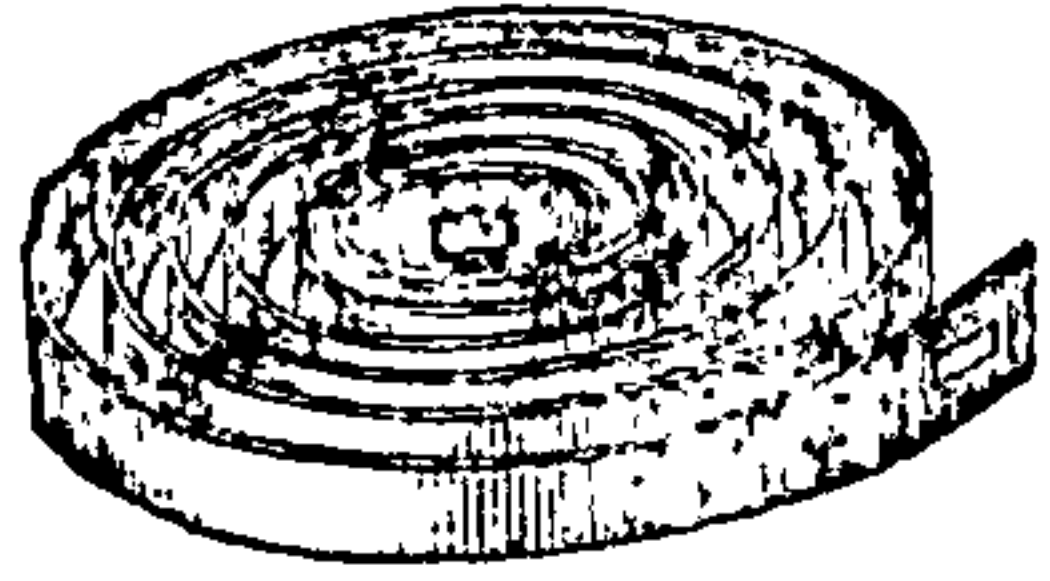
दोन चाकें निरनिराळ्या दिशेंत फिरतात, तें वाजूवरील ९७ व्या आकृतींत दाखविले आहे; मोठ्या चाकापुढें कातऱ्याचा पट्टीस जी अढी आहे, ती या दिशाभेदाचें कारण आहे; या अढीचा योगाने चाकाचा चलनाचा दिशेंत फेर होतो, इतकेंच केवळ नाही, परंतु चलनसमयीं पट्टीचा आंगीं ताठपणा येतो.

घडियाळांतील चाकें अशीं आहेत कीं, त्यांणीं गति उत्पन्न करून तिचा निबंध राखावा, याशिवाय त्यांस वजन उचलण्याचें किंवा प्रतिबंध दूर करण्याचें काहीं



काम नसतें; या चाकांवर लागू होणारी जो शक्ति असत्ये, तिचे सामर्थ्यांत फेर पडतो, आणि चाकाची गति तर सर्वकाळ सारखीच असावी असें असतें. मनांत आण कीं, ती शक्ति तिख्याचा कमाणीची गुंडाळी आहे, (आकृति ९८) ती जशी उल-

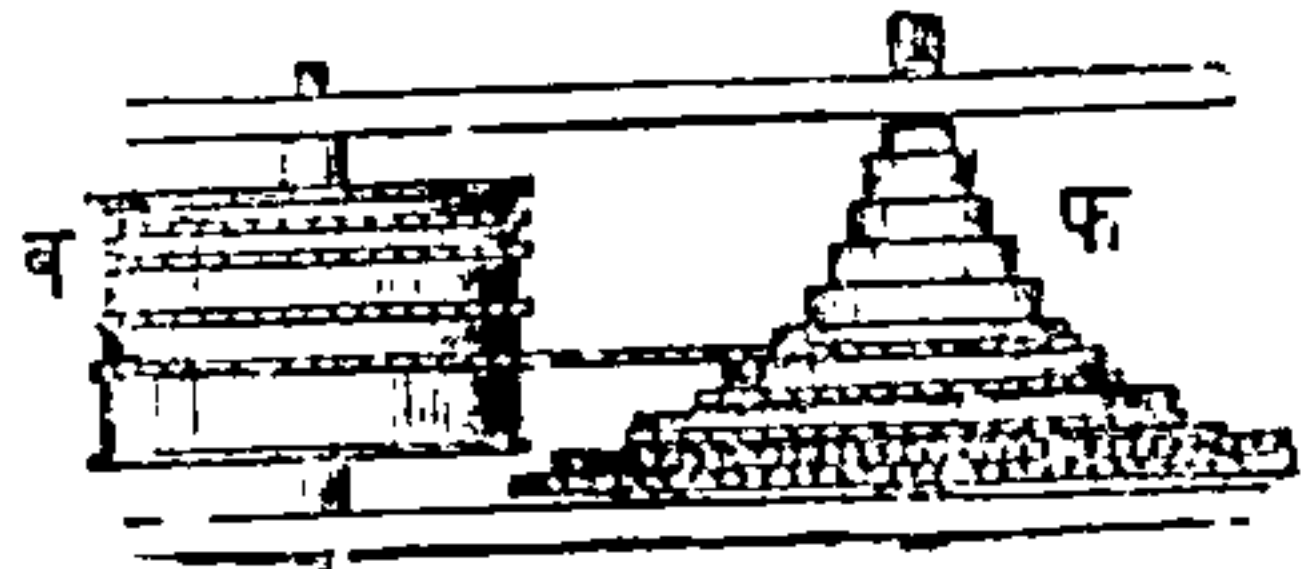
आकृति ९८.



गडत जाते तशी तिची शक्ति ही कमी होत जात्ये, यावरून तिचा उलगडण्याचा आरंभ तिचा आंगीं अतिशय सामर्थ्य

असतें हें उघड आहे. जा तन्हेनें या वस्तूची योजना घडियाळांत असत्ये ती पुढील आकृतींत आहे; तिजवरून वर सांगितलेल्या दोषाचें निवारण कसें केलें असतें तें दिसेल. ती वाटोळी कमाण गुंडाळून एका पितळेचा बडवींत बसविलेली असत्ये (आकृति ९९), कमाणीचा एक टोंकास जें चौकोनी भोंक असतें त्याचा योगानें ती डवीचा आंतल्या बा-

आकृति ९९.

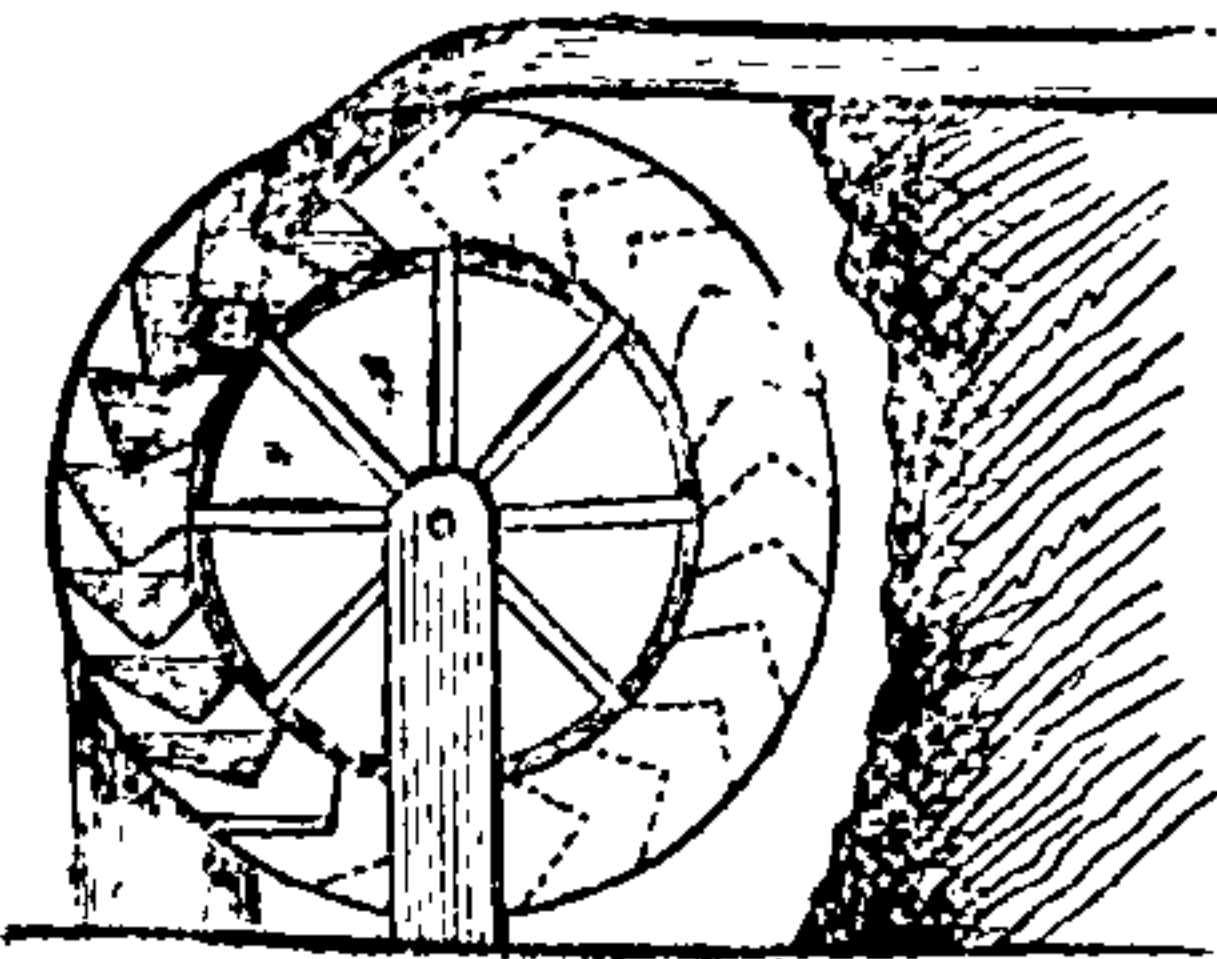


जूस बसविलेली असत्ये; आणि जो आंस डवींतून जातो, त्यास त्या कमाणीचें दुसरें टोंक बसविलेलें असतें. बडवीचा बाहेरून एक सांखळी गुंडाळलेली असत्ये, तिचें एक टोंक डवीचा बाहेर बसविलेलें असतें, आणि खाली जाड आणि वर वारीक असा जो पितळेचा फ शंकू आहे, त्यास दुसरें टोंक अडकवितात, ह्या शंकूला त्याचा आंगवा आंस असतो, त्यावर तो फिरतो. या शंकूस पयसी

ह्मणतात. फ्यूसीचा मळसूत्राकार पट्टींत जेव्हां सांखळी गुंडाळिल्ली जात्ये, तेव्हां कमाण उलगडत्ये, जेव्हां घडियाळाचा किल्लीचा योगानें आंस फिरवितात, तेव्हां सांखळी डबीपासून सुटून फ्यूसीभोंवतीं गुंडाळत्ये, सांखळी डबीपासून सुटत्येसमयीं डबीस फिरवित्ये, आणि तेणेंकरून आंतील कमाणही आपल्या आंसाभोंवतीं गुंडाळत्ये. जेव्हां कमाणीचें सामर्थ्य अतिशय असतें, तेव्हां फ्यूसीचा बारीक भागाभोंवतीं सांखळी गुंडाळत्ये, तेणेंकरून तिचा व्यापार लहान उच्चालकाचा सहायानें घडतो असें ह्मणतां येईल. अशा हळू हळू कमाण सईल होत जात्ये, तशा फ्यूसीपासून सांखळी डबीवर येत्ये, आणि ती फ्यूसीचा बुडाशीं येत असतां तिला उच्चालकापासून अधिकाधिक नफा होतो. अशा रीतीनें शक्तीचा जो तोटा होतो, तो उच्चालकरूप नफ्यानें बरोबर होतो; ह्मणून हे दोन विरुद्ध परिणाम एकमेकाची बरोबरी करितात, आणि त्यांचा परिणामापासून यंत्रास एकसारिखी गती मिळत्ये.

उदकप्रेरित चक्रांवर पाण्याचे प्रेरणेची योजना

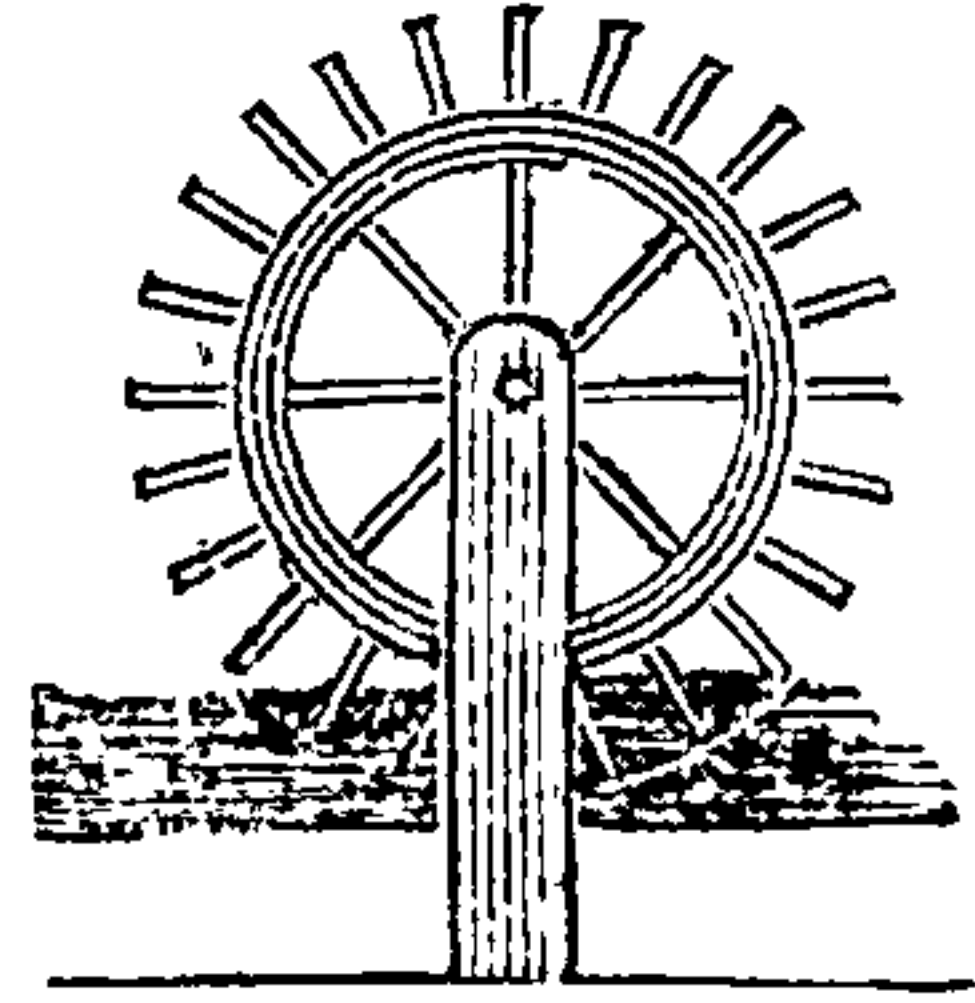
आकृति १००.



दोन प्रकारांनीं करितात, (१०० व्या) आकृतीप्रमाणें चक्राचे परिघास जो पात्रासारखा आकार केला असतो, त्यांत पाणी पडतें किंवा वाहात येतें. या पक्षां या यंत्रास ऊर्ध्वहतचक्र ह्मणतात; कारण एका पन्ह-

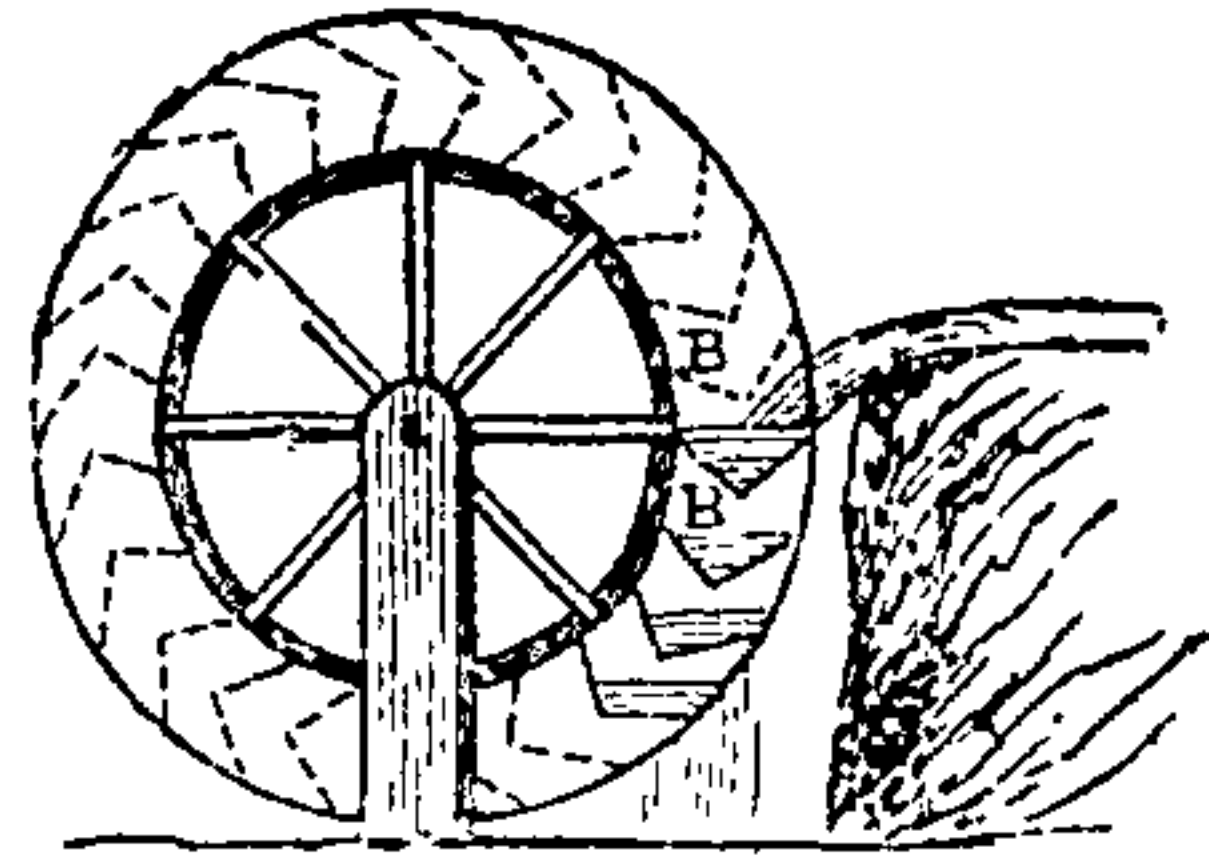
ळीचा योगाने चाक्राचा शिराचा साधनीवरोवर पाणी आणतात, तें पाणी चाक्राचा पात्रांत पडून तें आपल्या वजनाने त्या चाक्रास फिरवितें. कधीं कधीं चाक्राचा परिघास फळ्यांचे तुकडे बसविलेले असतात, त्यांजवर पाण्याच्या आघाताची योजना करितात; जसें १०१ व्या आकृतींत दाखविलें आहे; अशा पक्षां त्यास अधोहतचक्र ह्मणतात.

आकृति १०१.



पार्श्वहतचक्रांत या दोनही योजना असतात, १०२ आकृतींत पाहा; जेव्हां पाण्याचा पडण्याचें स्थान चक्राचा मध्यापेक्षां उंच असत नाहीं, तेव्हां अशा चक्राचा उपयोग करितात.

आकृति १०२.



चक्राचा परिघास जीं पात्रें केलीं असतात, त्यांत नळ बांधून आणलेले पाणी पडतें, तें एक करून तें चक्र फिरतें; आणि जेव्हां हीं भरलेलीं पात्रें फिरतांना बुंधाशीं येतात, तेव्हां त्यांतील पाणी बाहेर पडतें, आणि तीं रिक्तामीं पात्रें दुसऱ्या वाजूनें वर येऊन पुनः भरतात.—

चलनाचा सातत्यपणाची आणि नियमितपणाची गरज नसत्ये तेव्हां वातप्रेरित चक्रे, ह्मणजे जांस व्यवहारांत पवनचक्या असें ह्मणतात त्यांचा उपयोग करितात. या पक्षांत वारा ही शक्ति आहे, आणि ती या यंत्रांचा भुजांचा

निरनिराळ्या भागांवर लागू होये, यामुळे एका आसाचा निरनिराळ्या चक्रावर व्यापार घडतो, असे कल्पिले पाहिजे. अशा पवनचक्र्या मुंबईत कित्येक ठिकाणी होत्या.

जनावरांचा शरिरांचा वजनाने आणि शक्तीने चक्रांस चलन देतां यावे, अशा पुष्कळ युक्ती काढिल्या आहेत, त्यांतील एक युक्ति ही पुढील आहे. चाक्राचा परिघाशीं घोड्यास उभा करून त्यास चाक्रावर चढवितात, तेव्हां त्याचा भाराने चाक्राची ती बाजू खाली येऊन घोडा आपल्या मूळचा स्थितीप्रमाणे उभा राहतो, आणि याप्रमाणे सर्वकाल घडते.

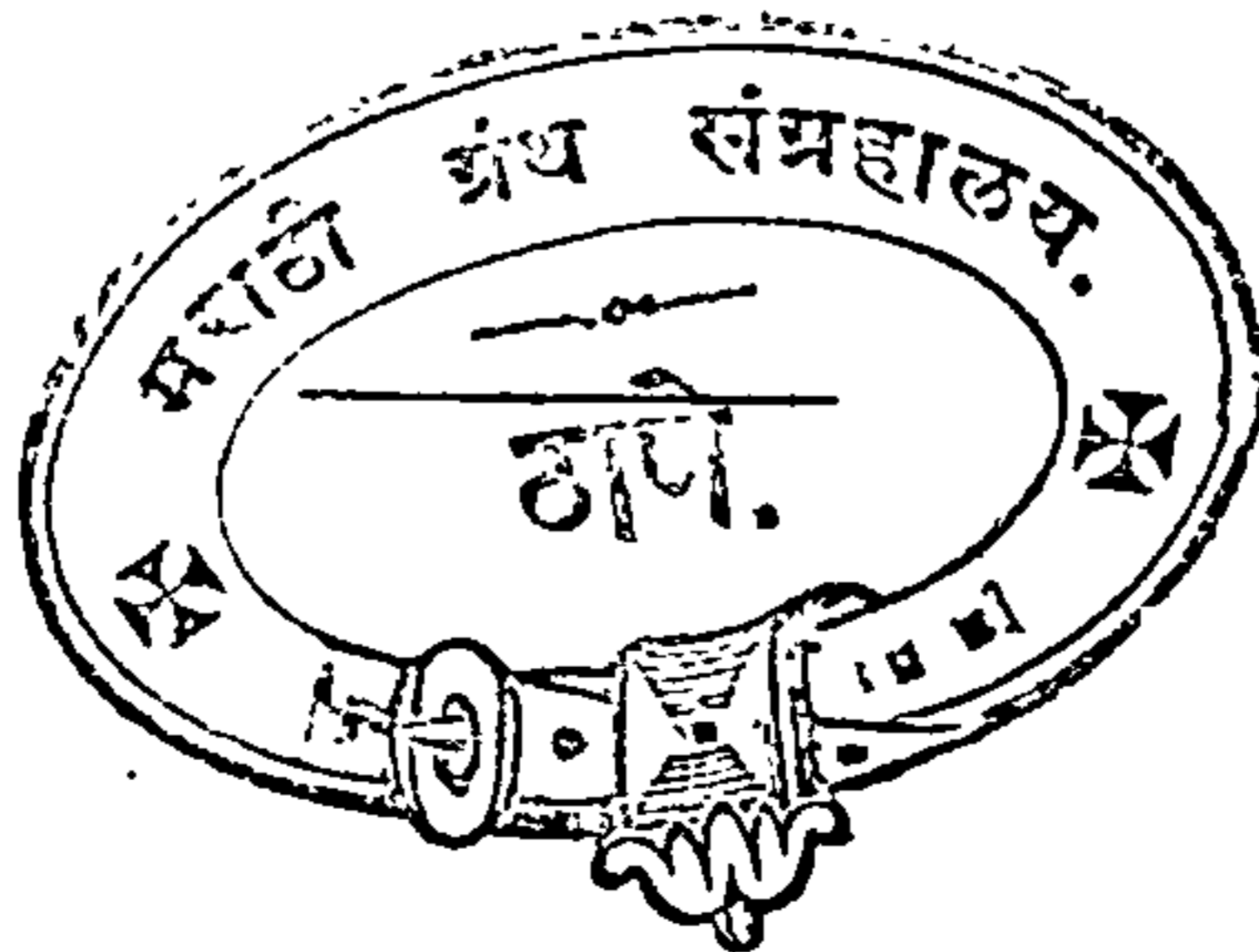
वंदरे आणि वखारी इत्यादि स्थळीं मोठमोठीं वजनं वर उचलण्याकरितां आणि खालीं सोडण्याकरितां, जें क्रेन या नावाचें यंत्र असतें, तें व्यवहारांत आंसास खिळलेल्या चाक्राचा योजनेचें एक उदाहरण दृष्टीस पडतें. मोठ्या चाक्राचा आंत मनुष्यांस चालवून हें यंत्र चालू करण्याची पूर्वी चाल होती; परंतु यापासून नफा न होतां केवळ अपाय मात्र होतात, यामुळे ही चाल सोडून दिली आहे. आंसास खिळलेल्या चाक्राचा परिघास, उदकप्रेरित चक्राप्रमाणे फळीं वसवावीं, आणि त्यांवर एक अथवा अनेक मनुष्यांकडून भार घालवावा; भार घालण्याचें ठिकाण चाक्राचा आडव्या आंसाचा उंचीइतकें उंच असावे, अशा तऱ्हेनें या यंत्रावर मनुष्याचा शक्तीची योजना चांगल्या रीतीनें घडत्ये, व त्यापासून नफाही होतो. वंदिवान लोकांपासून काम घेण्याकरितां अशा योजनेचीं यंत्रें बहुत करून सर्व फौजदारी तुरुंगांत आहेत, त्यांस त्रेदामिल् असें



ह्मणतात. पाणी काढण्याचा पायराहाट याच योजनेचें उदाहरण आहे.

गति वाढविण्याकरितां आंसास खिळलेल्या चाक्राचा उपयोग करितात. यास उदाहरण सूत कांतायाचा राहाट.—

सर्व मूळ यंत्रांमध्ये आंसास खिळलेलें चाक्र हें फार उपयोगी यंत्र आहे, यामुळें तें मिश्र यंत्राचा अवयवांत असतें; या यंत्राची गति वाढोळी असून ती अखंड चालवितां येते, हा या यंत्रांत एक मोठा गुण आहे, याशिवाय चाक्रें दुसऱ्या यंत्रांस अनेक तऱ्हांनीं सहज जोडितां येतात; यावरून जा मिश्र यंत्रांत चाक्रें मुख्य अवयव नाहींत अशीं मिश्र यंत्रें फार थोडीं; बुंद दळण्याचें यंत्र, लोखंडाचे पत्रे दावण्याचीं आणि त्यांस कापून त्यांचे वार करण्याचीं यंत्रें, चाक्रांचा गाड्या, कांतण्याचे सांगाडे, आणि दळण्याचीं यंत्रें, घडियाळें आणि सर्व काळमापक यंत्रें; सूत कातण्याचें यंत्र आणि कापूस, लोकर, रेशीम यांचीं वस्त्रें करण्याचीं यंत्रें आणि निरनिराळ्या कामाकरितां निरनिराळ्या प्रकारचीं वाफ यंत्रें, इत्यादि अनेक प्रकारचीं यंत्रें यावरून केलीं आहेत.—



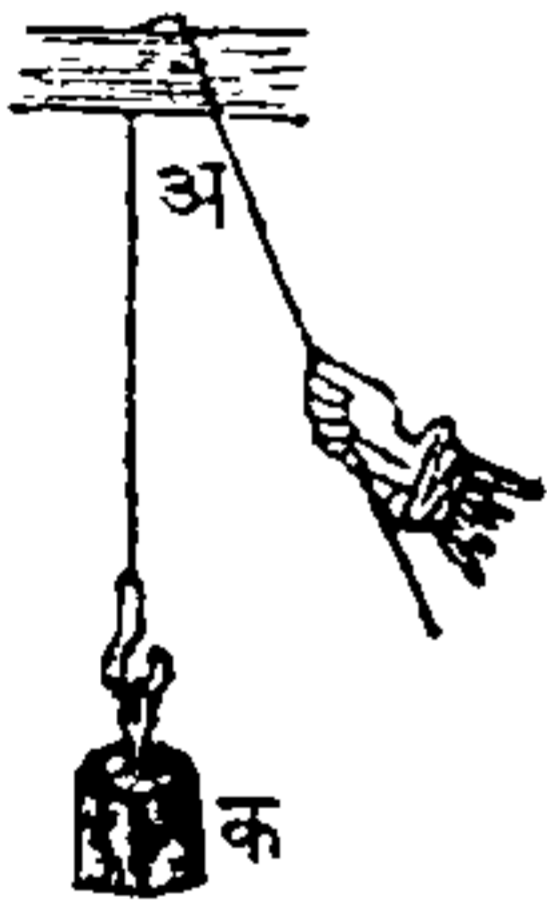


## अध्याय ९.

### दोरी अथवा कप्पी.

मागील भागांत जा यंत्रांचा विचार झाला तीं ताठ वदार्थांचीं केलीं आहेत असें मानिलें; परंतु जा यंत्राविषयीं आतां विचार करणें आहे, त्याचें यांत्रिक सामर्थ्य त्याचा प्रकृतीचा नरमपणावर असतें. एका दिशेपासून दुसऱ्या दिशेस प्रेरणा लागू करण्यासाठीं दोरी हें यंत्र घेतां येतें, हा या यंत्रापासून मोठा लाभ होतो. मनांत आण कीं अ दिशेंत प्रेरणा लागू करून क वजन उचलून धराव-

आकृति १०३.



याचें आहे; (आकृति १०३) दोरीचें एक टोंक वजनास बांधून दुसरें टोंक अ वाजूवरून टांगून त्यास शक्ति लागू केली असतां वरची प्रतिज्ञा सिद्धीस जाईल. जा आधारावरून अथवा टोंकावर दोरी जाते तें जर लांकडाचें अथवा लोखंडाचें असलें, तर प्रेरणेचा व्यापारामुळें पुष्कळ घर्षण होऊन

दोरी लवकर शिजून जाईल; या अडचणीचें निवारण करण्यासाठीं कप्पीची योजना केली आहे, कप्पी ह्मणजे एक वाटोळा लांकडाचा तुकडा असतो, आणि त्याचा किनाऱ्यावर दोरी राहायाजोगी खोल आणि रुंद अशी एक खांच केलेली असत्ये; या वाटोळ्या तुकड्याचा मध्यांतून एक खुंटी मारलेली असत्ये, त्या भोवतीं तो तुकडा फिरतो, आणि ती खुंटी एका लांकडाचा घरांत बसविली

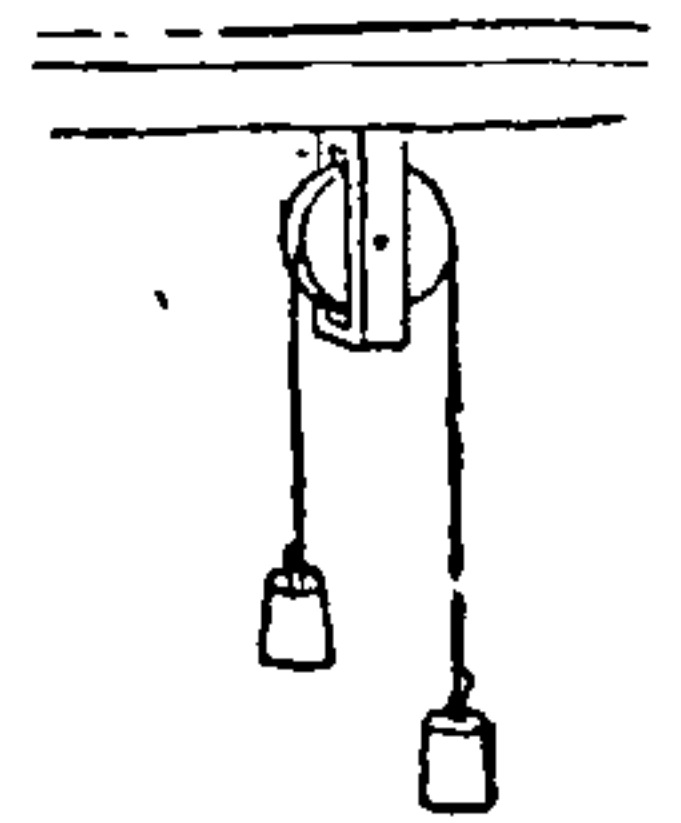
असत्ये. ही कप्पी आपल्या मध्यांतील खुंटीभोवतीं फिरले, यामुळे दोरीचे घर्षण बहुतकरून नाहीसे होते हे उघड आहे; वाटोळा तुकडा आणि त्याचे घर ही दोन्ही मिळून जरी कप्पी हे नाव पावलीं आहेत, तरी यांत्रिक-स्वार्थ या दोहोपासून होत नाहीं परंतु दोरी पासून होतो, असें वर सांगितले, कारण केवळ घर्षण नाहीसे करण्याकरितां मात्र तुकडा आणि त्याचे घर हीं कामांत घेतात. कप्प्या दोन प्रकारचा आहेत;—

१ अचरकप्प्या, ह्मणजे जा स्थानापासून हलत नाहीत. २ चरकप्प्या, ह्मणजे जा वजनावरोवर वर येतात आणि खाली जातात.

## अचरकप्पी.

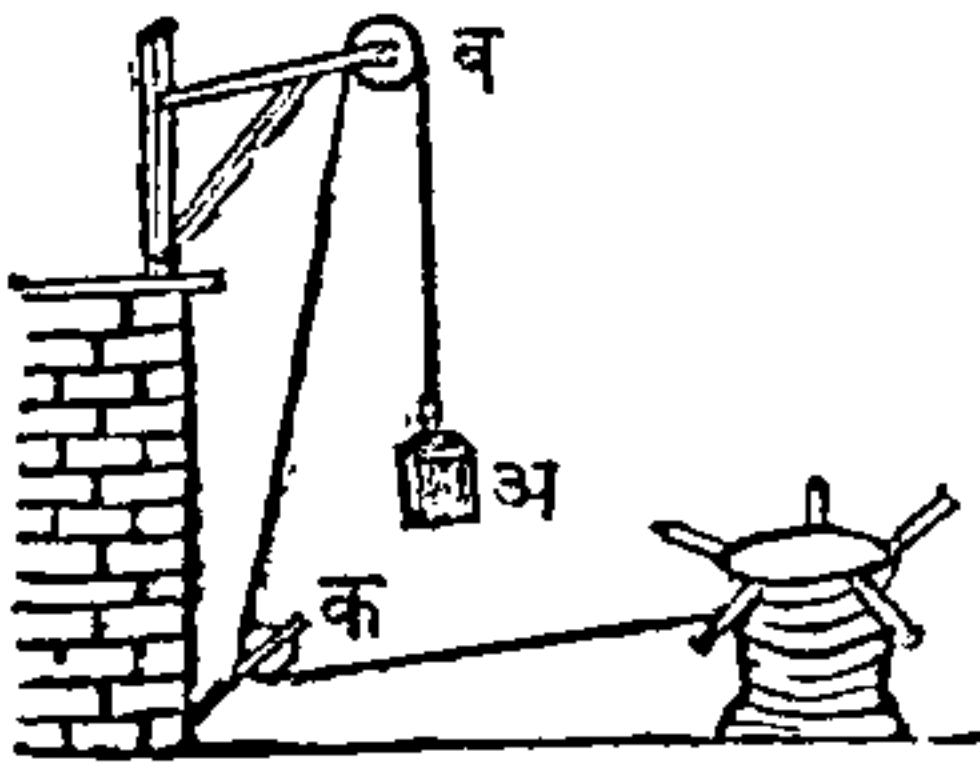
जेव्हां १०४ या आकृतींत दाखविल्याप्रमाणें कप्पी अचर असत्ये, तेव्हां दोन सारखीं वजनें एका दोरीचा दोन टोंकांस बांधून, ती दोरी कप्पीवरून सोडिली असतां तीं वजनें समतोल राहातील; कारण जर कोणतेंहि एक वजन कांहीं स्थळांतून खाली ओढले, तर त्याच काळांत दुसरें वजन तितक्याच स्थळांतून वर चढेल, आणि दोरी सर्वत्र सारखीच ताणेल; आणि त्या दोघांचे वेग सारखेच आहेत, त्यावरून तीं परस्परांस तोलून धरतील. याव-

आकृति १०४.



रून असै दिसतै कीं अचर कप्पीपासून कांहींच यांत्रिक-स्वार्थ होत नाहीं, तथापि तिचा योगानें प्रेरणेचा योजनेची दिशा फिरवितां येत्ये, हा एक मोठा स्वार्थ होतो; कारण एक मनुष्य आपलें स्थान न बदलतां या कप्पीचा योगानें, कांहीं वजन पाहिजे तितक्या उंच स्थळीं चढवील, परंतु ती कप्पी नसली तर त्यास वजनावरोबर वर चढावें लागेल; दोरीचा योगानें वजनावर क्रित्येक मनुष्यांची शक्ति लागू करण्यास हें यंत्र उपयोगी पडतें. कधीं कधीं दोन अचर कप्प्या कामांत आणाव्या लागतात आणि अशा पक्षीं घोड्याचा सामर्थ्यरूप प्रेरणेची योजना करितात, आणि बहुतकरून क्यापस्तनानेही शक्तीची योजना करितात. उदाहरण, मनांत आण कीं एक मोठें अ वजन उचलायाचें आहे (आकृति १०५), तर ब आणि क अशा दोन अचरकप्प्या घेऊन दोराचें एक

आकृति १०५.

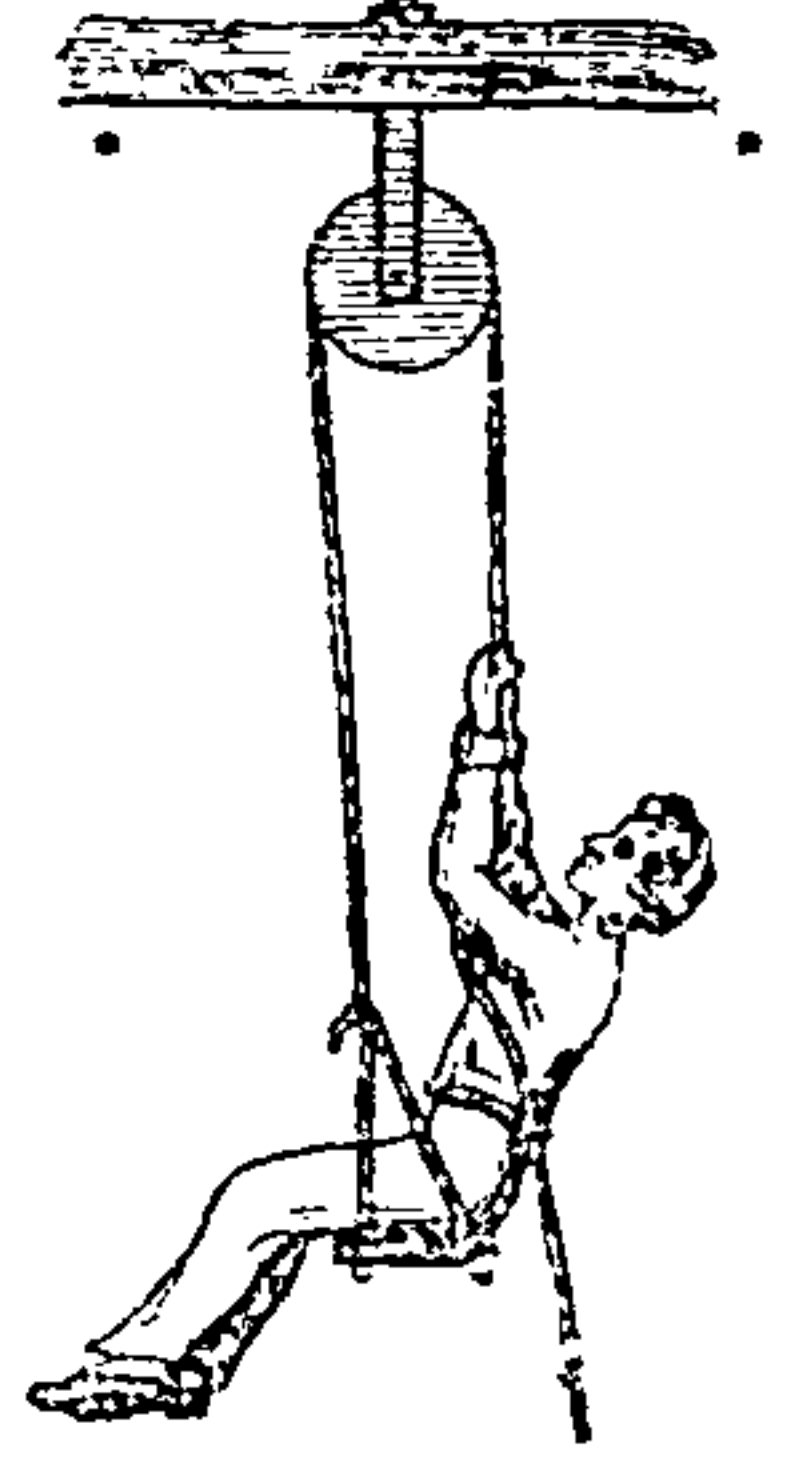


टोक वजनास बांधावें, आणि त्याचें दुसरें टोक ब कप्पीवरून नेऊन खालचा कप्पीतून काढून क्यापस्तनास बांधावें, नंतर त्यास प्रेरणा लागू करावी. अचरकप्पीचा साहायानें मनुष्य आपल्यास वर अथवा खालीं नेऊं सकेल; १०६ व्या आकृतींत दाखविल्याप्रमाणें,

जर तो एका खुरचीवर अथवा त्यास दोराचें एक टोंक बांधून दुसरें टोंक अचरकप्पींतून नेऊन, तो खालीं ओढील, तर दोराचा लांबीचा अर्धा इतक्या उंची वर चढेल; त्याच-प्रमाणें दोराचा अर्धा इतका खालीं येईल; या कारणावरून आगींतून वांच-विण्याचीं साधनें केलीं आहेत, त्यांतील अचरकप्पी आग लागलेल्या घराचा एका भागास अडकवून तिचा योगानें खालीं उतरतात.—

पात्रांत बसून

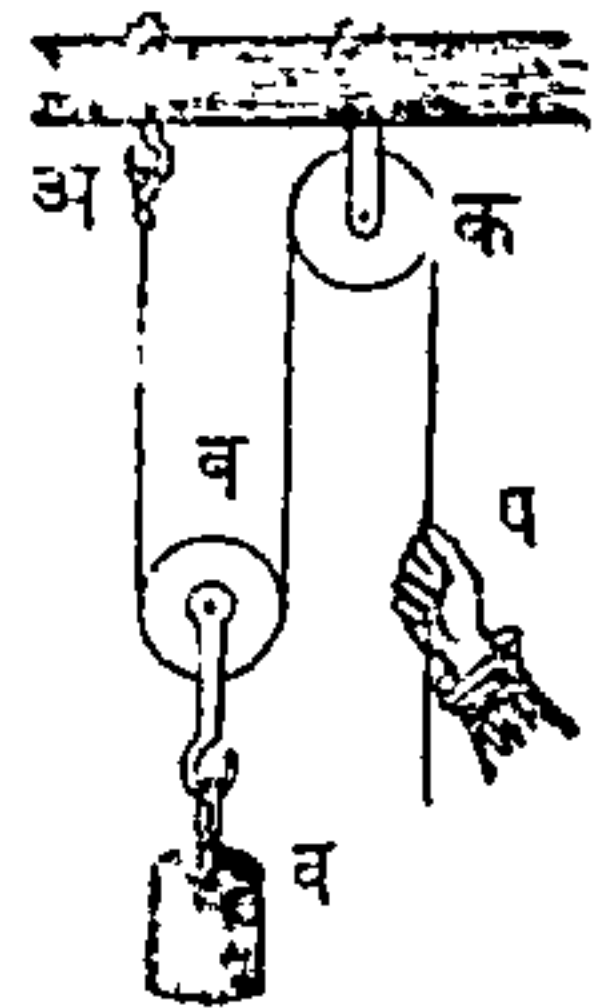
आकृति १०६.



## चरकप्प्या.

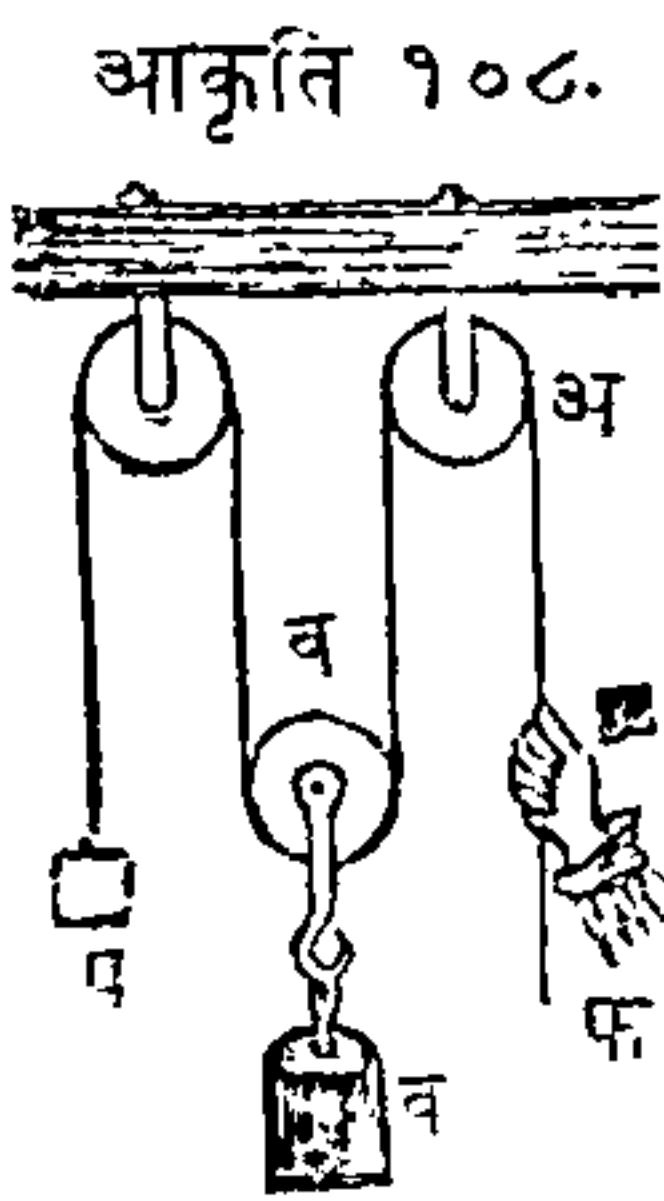
वाजूवरील १०७ व्या आकृतींत एक चरकप्पी दाखविली आहे, आणि तिचा आणि अचरकप्पीचा भेद इतकाच कीं, चरकप्पीचा खालून दोरी जाऊन तीस ती टांगली असत्ये, आणि त्या कप्पीस वजन टांगलें असतें. अ स्थिर बिंदूपासून एक दोरी नेऊन, ब वजनास जी ब चरकप्पी जोडिली आहे त्यांतून काढिली आहे, आणि पुनः तें टोंक क अचरकप्पीवरून नेऊन त्याचा प स्थळीं शक्ति लाविली आहे, जेव्हां प शक्ति खालीं येत्ये, तेव्हां दोराचा ब अ आणि ब क भागांची लांबी कमी होत्ये, यामुळें खालची चरकप्पी

आकृति १०७.



वर चढत्ये, आणि या दोन भागांची लांबी जशी कमी होये, त्याप्रमाणे चरकणी आणि वरचे बाहल यांमधील अंतरही कमी होत जाते. दोरीचा अ व आणि व क भागांनीं सर्व वजन उचलून धरिलें आहे आणि ते दोनही भाग सारखेच ताणले आहेत, यामुळे प्रत्येकास अर्धे वजन उचलावे लागते; यावरून जर अर्धे वजनावरोबर शक्ति असेल, तर या यंत्राचा सहायाने तितकी शक्ति सर्व वजनास उचलून धरील.—

१०७ व्या आकृतींत दोराचे एक टोंक अ स्थळीं बांधिलें आहे अशी कल्पना केली, त्याचा बदल ते टोंक लांब करून एका अचरकणीवरून जाऊन फ पर्यंत लांबत आहे अशी कल्पना करितों, जसे (१०८) व्या



आकृति १०८.

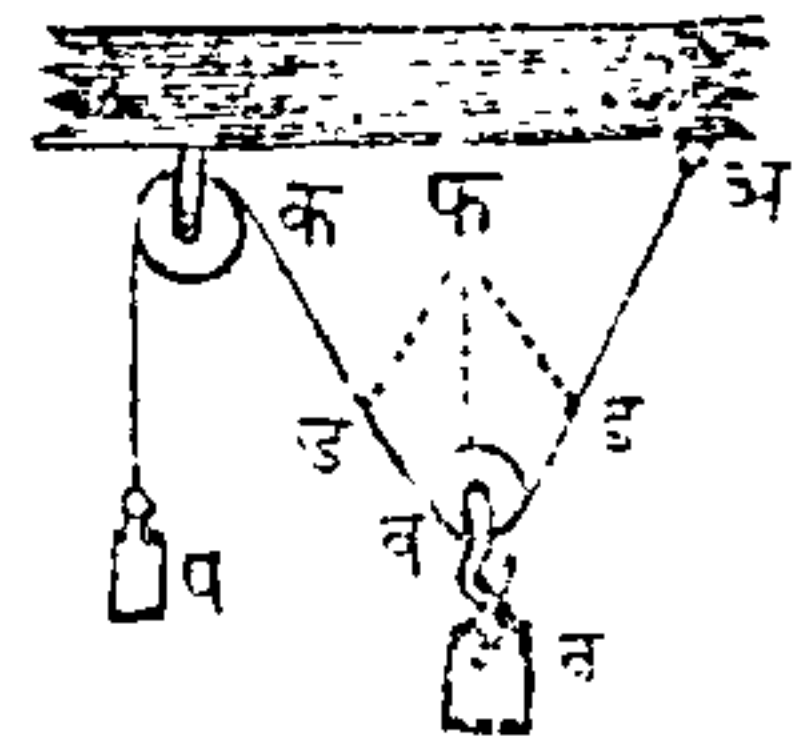
आकृतींत दाखविल्याप्रमाणे; आणि असे करून, वजनाचा अर्धावरोबर नवी प्रेरणा फ स्थळीं लागू केली असतां, ती अ फ दोरास खाली ओढील; १०७ व्या आकृतींत दाखविलेल्या अ स्थळाने, त्याचा बांध्यास आलेला वजनाचा जो अंश उचलून धरिला होता, त्यावरोबर ही नवी प्रेरणा होईल; आणि जा प्रेरणेने वजनाचा व्यापार त्या विंदूवर घडतो, त्यावरोबर, आघात आणि प्रत्याघात यांचा नियमाने ही नवी प्रेरणा होईल; आणि वजन आपल्या अर्धशक्तीने त्यावर लागू होतें, त्यावरून वजन उचलून धरणारी अ विंदूवरची शक्ति अर्धे वजनावरोबर आहे. परंतु अ अचरकणीवरून लागू होणारी फ स्थ-



ळींची नवी प्रेरणा अर्ध वजनावरोवर आहे, यामुळे ती अस्थळींचा प्रेरणेवरोवर होईल. यावरून असा निश्चय करितां येतो कीं, ही नवी कप्पी काढून टाकिली, अशी कल्पना मनांत आणली असतां, वजन, शक्ति आणि स्थिरविंदु यांचा योगानें अ व आणि ब क दोन्या वरोवर ताणल्या असतात; कारण, आपल्या अर्ध वजना-इतक्या प्रेरणेनें वजन त्यांतून प्रत्येकीस ओढितें; आणि त्याच दोन्यांस दुसऱ्या वाजूस, शक्ति आणि स्थिरविंदु हेही अर्ध वजना इतक्या प्रेरणेनें ओढितात; यावरून त्या सारख्या प्रेरणांनीं ताणल्या असतात, ह्मणून त्या सारख्या ताणल्या जातात. या पक्षांत वजनाचें जें अर्ध घडतें तो चरकप्पीपासून यांत्रिक स्वार्थ होतो असें जाणावें; उदाहरण, जर वजन १२ शेर आहे, तर त्यांतिल ६ शेर १०७ व्या आकृतीप्रमाणें अ स्थिर विंदूनें उचलिले जातील, आणि बाकीचे ६ शेर प शक्तीनें उचलिले जातील.

अ व आणि ब क दोन्या उभ्या असतात, त्या तशा नसतां, जर वाजूवरील (१०९ व्या) आकृतींत दाखविल्याप्रमाणें तिर्कस असल्या, तर वजन उचलून धरण्याकरितां वजनाचा अर्धा पक्षां अधिक शक्ति असावी. यापक्षां

आकृति- १०९.

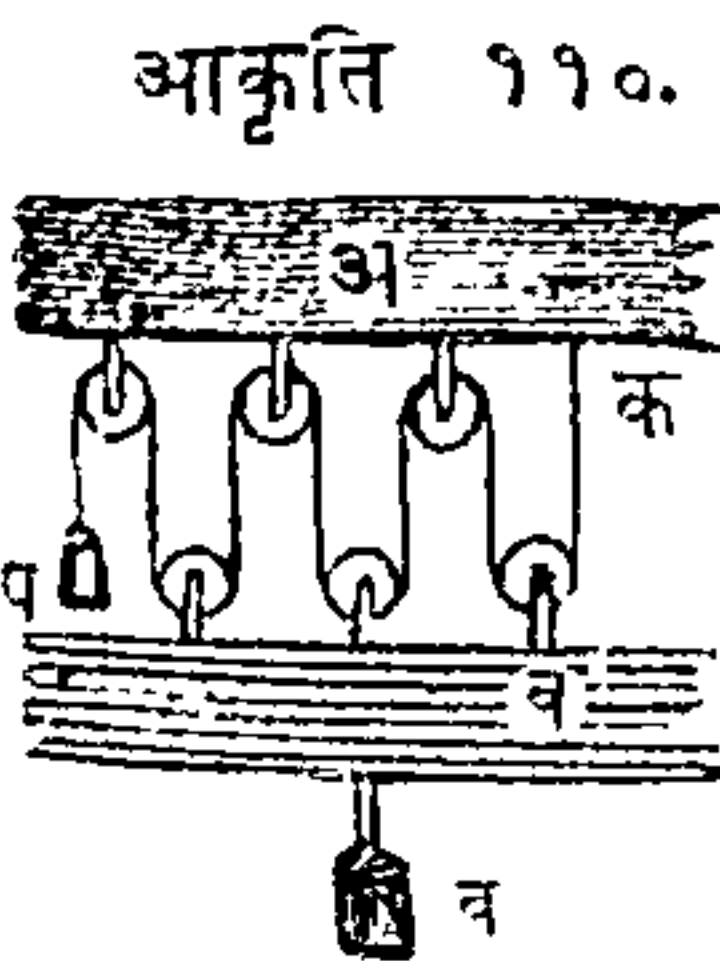


कांहीं वजन उचलून धरण्यास जी शक्ति पाहिजे, तिचा परिमाणाचा निश्चय ठरविण्यासाठीं १४ व्या पृष्ठावर प्रेरणेकीकारण आणि प्रेरणापृथक्करण यांचें कारण समजावून दाखविलें आहे, तें येथें लागू केले पाहिजे; तर

पहिल्याने वजनांत जितके तोळे असतील तितक्या इंचांची ब विंदूपासून एक उभी रेघ काढ, मनांत आण कीं ती रेघ फ पर्यंत जात्ये, नंतर फ पासून फ ड रेघ अ ब शीं समांतर काढ आणि ब क शीं समांतर फ इ रेघ काढ; फ ब रेघेने दाखविलेलें वजनांचें परिमाण, ड ब आणि ब इ रेघांनीं दाखविलेल्या प्रेरणांचा वरोवर होईल. दोरीचा ब क भागावर जितका तणावा असतो, तो ब ड रेघेंत जितके इंच असतात, तितक्या तोळ्यांवरोवर आहे असें जाणावें, आणि याचप्रमाणें दोरीचा ब अ भागावर जितका तणावा आला असतो तो, ब इ रेघेंत जितके इंच असतात, तितक्या तोळ्यांवरोवर आहे असें जाणावें; आणि ब वजनांनें दोरी सारखी ताणली आहे, ह्मणून ब ड आणि ब इ वरोवर आहेत, आणि प क दोरीस ओढणारी प शक्ति, ती यांतून प्रत्येकावरोवर असावी.

कप्यांचा संयोग केल्याने त्यांचें यांत्रिकसामर्थ्य अतिशय वाढवितां येईल. कप्यांचा संयोगाचा अथवा रचनेचा दोन भिन्न जाती आहेत; एका प्रकारांत केवळ एक दोर असतो, आणि दुसऱ्यांत अनेक दोर असतात.

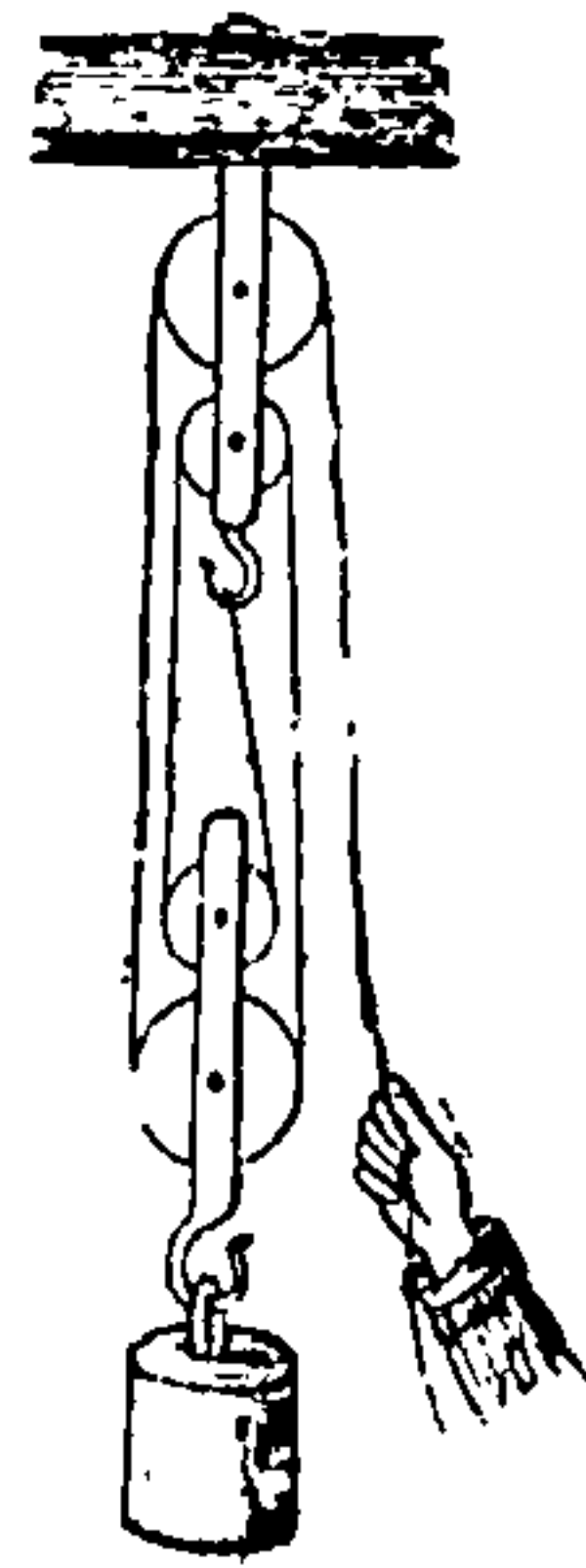
बाजूवरील ११० व्या आकृतींत एक दोरी कित्येक अचर कप्यांवरून नेली आहे. मनांत आण कीं वरचा अ वाहलास तीन कप्या आहेत आणि खालचा ब वाहलासही तीन कप्या आहेत; दोरीचें एक टोंक क जवळ बांध, आणि ब वाहलाचा कप्यांचा खालचा बाजूनें तो



दोर घेऊन, अ बाहालाचा कण्यांचा वरचा वाजून ने; दोरीचा दुसऱ्या टोंकांस प शक्ति लाव; नंतर जर खालचा बाहालास व वजन टांगिलें आणि सर्व दोऱ्या समांतर असल्या, तर दोरीचा प्रत्येक भागावर प शक्ति इतका भार पडेल. या पक्षांत, खालचा बाहालास तीन कण्या आहेत, आणि त्यास वजन टांगिलें आहे, ह्मणून त्या वजनाचे तीन भाग केले आहेत अशी कल्पना करावी, आणि त्यावरून प्रत्येक कणी सर्व वजनाचा तिसरा भाग उचलील ; परंतु खालचा दर एक कणीस दोन दोऱ्या आहेत, त्यावरून, या तीन भागांतून प्रत्येकाचा व्यापाराचे वरोवर दोन भाग केले आहेत अशी कल्पना करितां येईल.— आणि यामुळें सर्व वजनाचा सहावा भाग एक दोरीस उचलावा लागेल, अथवा प स्थळीं १ शेर लावला असतां व स्थळीं ६ शेरांस तोलून धरितां येईल.

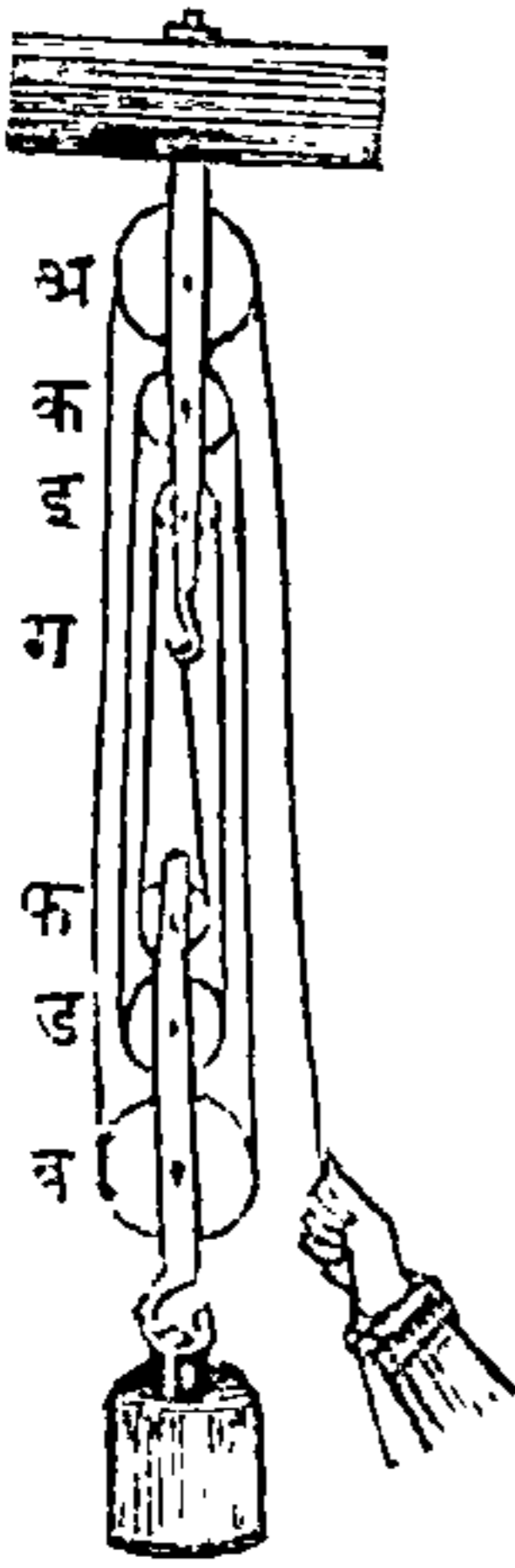
१११ व्या आकृतींत वजनास उचलणाऱ्या दोऱ्यांची संख्या चार आहे, आणि यामुळें त्यांत शक्तीचे चौपट वजन आहे; मागील उदाहरणावरून हें उघड आहे, कीं प्रत्येक दोरी वजनाचा सारखा भाग उचलित्ये; ह्मणून सर्व वजनाचे चार भाग केले आहेत, आणि त्यांतून दर एक भागास एक दोरी उचलित्ये अशी कल्पना करितां येईल. या यंत्रांत शक्ति किती लावावी लागेल अथवा वजन किती कमी होईल, याची गणना करण्यासाठीं

आकृति १११.



चरकप्प्यांची संख्या दोहोनीं गुणावी ह्मणजे तो गुणाकार इच्छिली यंत्राची शक्ति होईल. उदाहरण, दोन चरकप्प्यांस दोन दोऱ्यांनीं गुणिलें असतां गुणाकार चार होतो ; यामुळें जी शक्ति लावावी लागेल ती वजनाचा चतुर्थांशावरोवर होईल, आणि याप्रमाणें पुढेंही.

आकृति ११२.

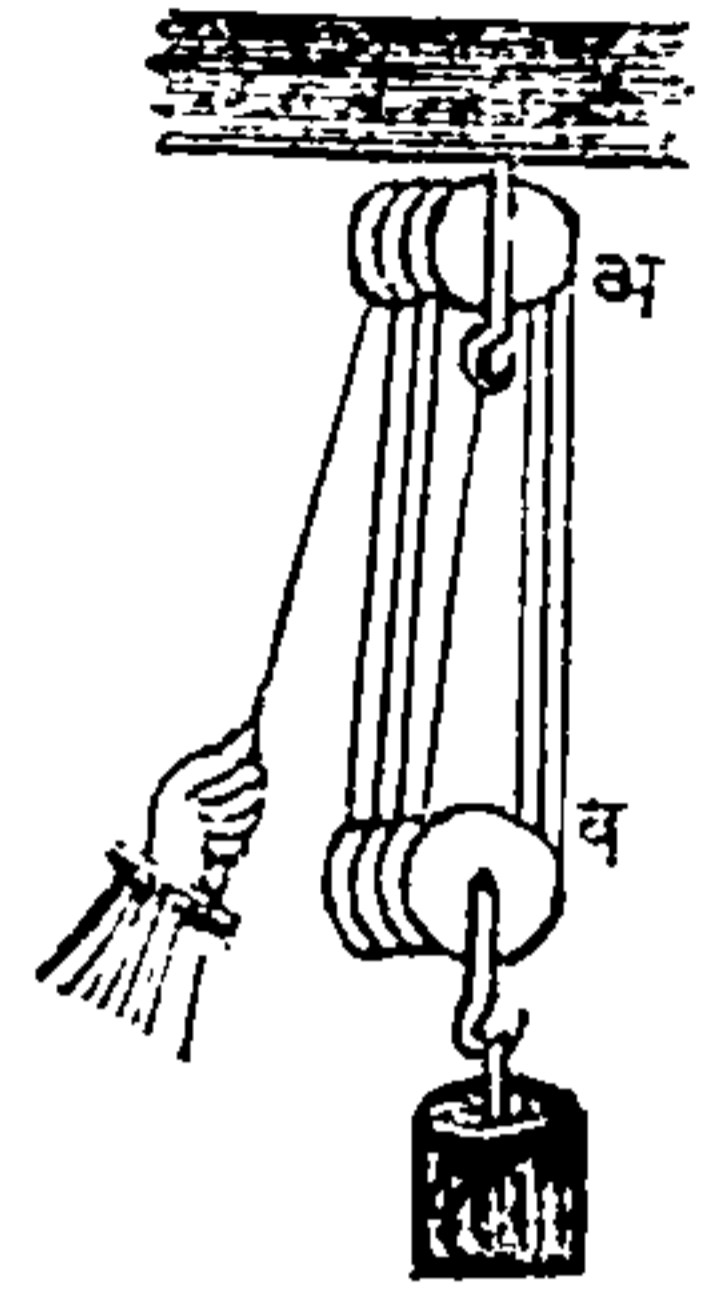


११२ व्या आकृतींत दुसरी एक कप्प्यांची रचना दाखविली आहे, त्यांत केवळ एक दोर आहे. त्यांत खालचा जोडास वजन टांगिलें असतें, आणि तो चर आहे, त्यास ब, ड, आणि फ, अशीं तीन चाक्रे आहेत. वरचा जोड अचर आहे, आणि त्यास अ, क, आणि इ, अशीं तीन चाक्रे आहेत, आणि दोराचें टोंक ग आंक्रड्यास बांधून, अनुक्रमाने खालचा आणि वरचा चाक्रांतून नेऊन, शेवटीं वरचा शेवटील चाक्रावरून काढून त्यास शक्ति बांधितात. जा सर्व दोऱ्या खालचा जोडांतून जातात, त्या वजनास

उचलून धरितात; आणि त्यांस ताणणारी शक्ति सारखीच असत्ये, यामुळें वजनाचा व्यापार सर्वांवर सारखा वांटला जातो. यावरून खालचा जोडास उचलून धरणारी जी दोऱ्यांची संख्या असेल, तितक्यापट शक्तीपेक्षां वजन मोठें असावें हें उघड आहे. जसें, वर दाखविलेल्या उदाहरणांप्रमाणें जर ६ दोऱ्या असल्या, तर प्रत्येक दोरी वजनाचा सहावा भाग उचलील.

पुढें दाखविलेल्या ११३ व्या आणि ११४ व्या आकृतींस हीच गोष्ट लागू होत्ये; गलबतावर शिडें, डोलकाच्या इत्यादि पदार्थ चढविण्यांत अथवा खाली उतरण्यांत यांचा मुख्यत्वेकरून उपयोग करितात. मार्गे दाखविलेल्या रचनेंत कप्प्यांचा जोडांची लांबी फार असत्ये, यामुळे जेथें सर्व यंत्र टांगलें असतें त्याचा अगदीं जवळ वजन चढवितां येत नाहीं,

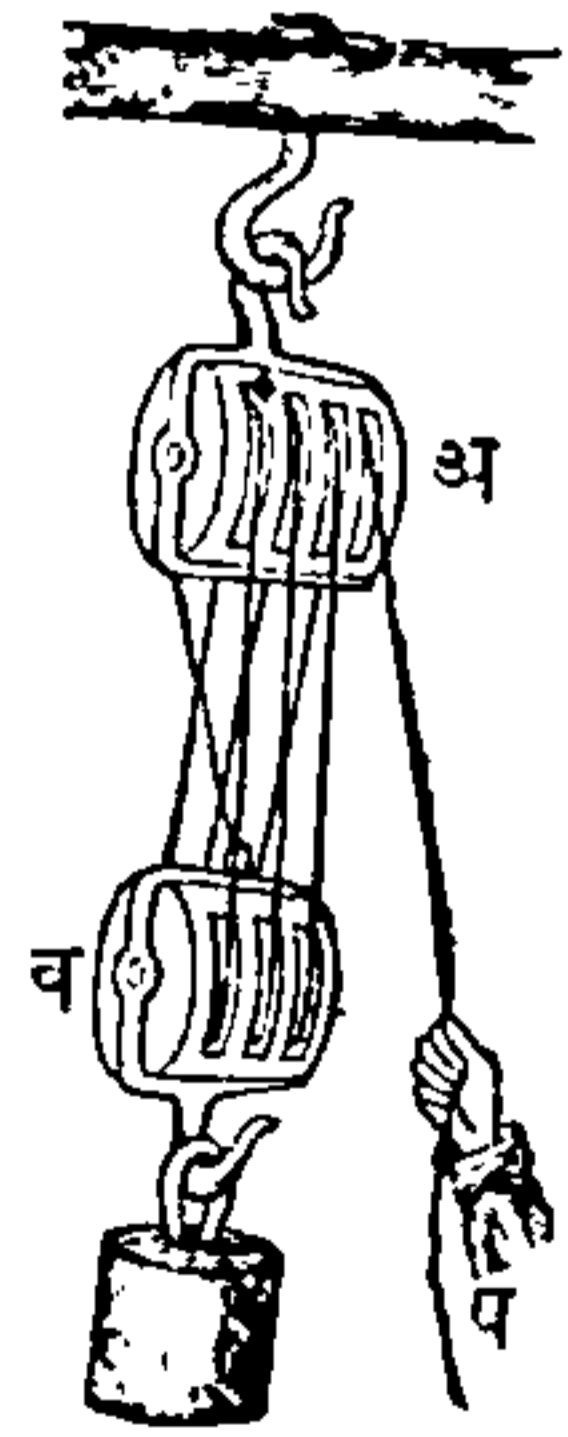
आकृति ११३.



ह्मणून त्या रचनेपेक्षां व्यवहारांत ह्या दाखविलेल्या रचना फार सोईस पडतात. १११ आणि ११२

आकृति ११४.

आकृतींत कप्प्या एकाखालीं एक आहेत, तशा वाजूवरील आकृतींत नाहींत, परंतु या एकमेकाचे वाजूस आहेत. (११४ व्या



आकृतींत) अ ठोकळ्यांत तीन अचरकप्प्या बसविल्या आहेत, आणि ब ठोकळ्यांत

तीन चरकप्प्या बसविल्या आहेत. जर उचलावयाचें वजन १२०० शेर असलें, तर वरचा उदाहरणाप्रमाणें त्याचा भार सहा दोऱ्यांवर आहे अशी कल्पना करावी, ह्म-

णजे तेणेंकरून वजन उचलण्यास २०० शेरांची मात्र शक्ति लागेल. या रचनेंत दोरांचो रचना कप्प्यांवर

तिर्कस होत्ये आणि घर्षण अधिक होऊन त्यांचे आंस झिजतात हा एक मोठा दोष आहे; आणि १०९ व्या आकृतींत दाखविल्याप्रमाणें जा सर्व पक्षांत शक्तीचा व्या-

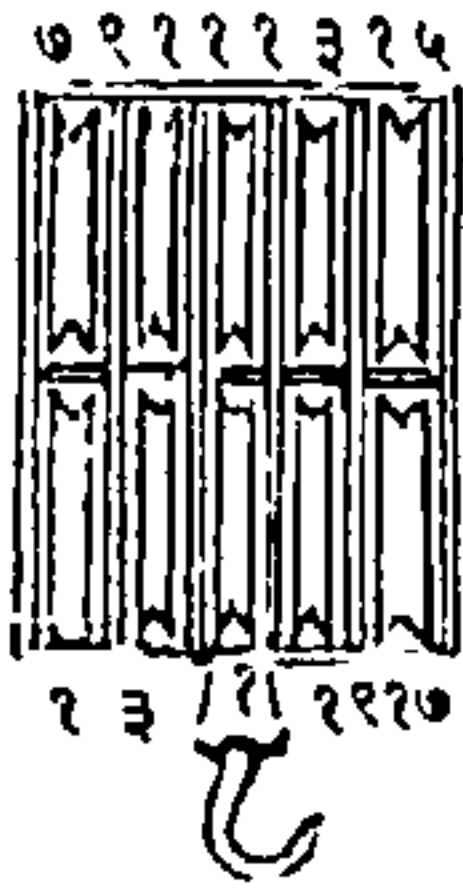
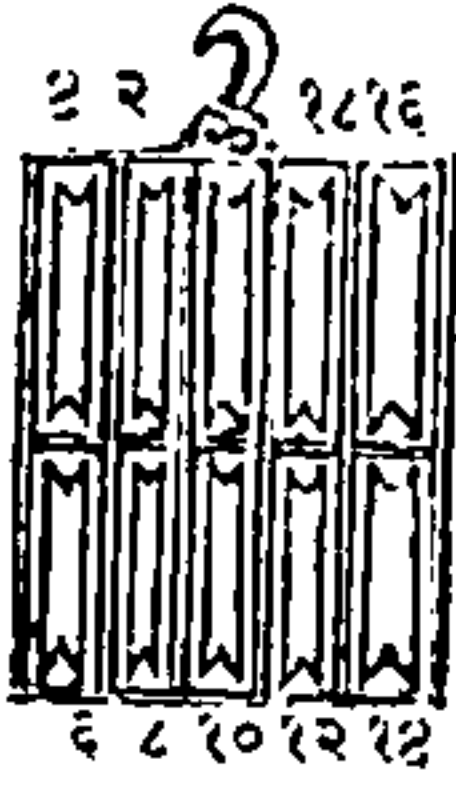


पार तिकिस घडतो, त्यांत दोरीचा तणाव्याची दिशा उभ्या लंब रेघेपासून जितकी दूर असेल, त्या प्रमाणाने शक्तीचा तोटा होईल. कप्प्यांचा अशा रचनांचे शक्तीची गणना करित्ये समयी, जें वजन उचलायाचें असतें, त्यांत खालचा ठोकळ्याचा वजनाची गणना केली पाहिजे.

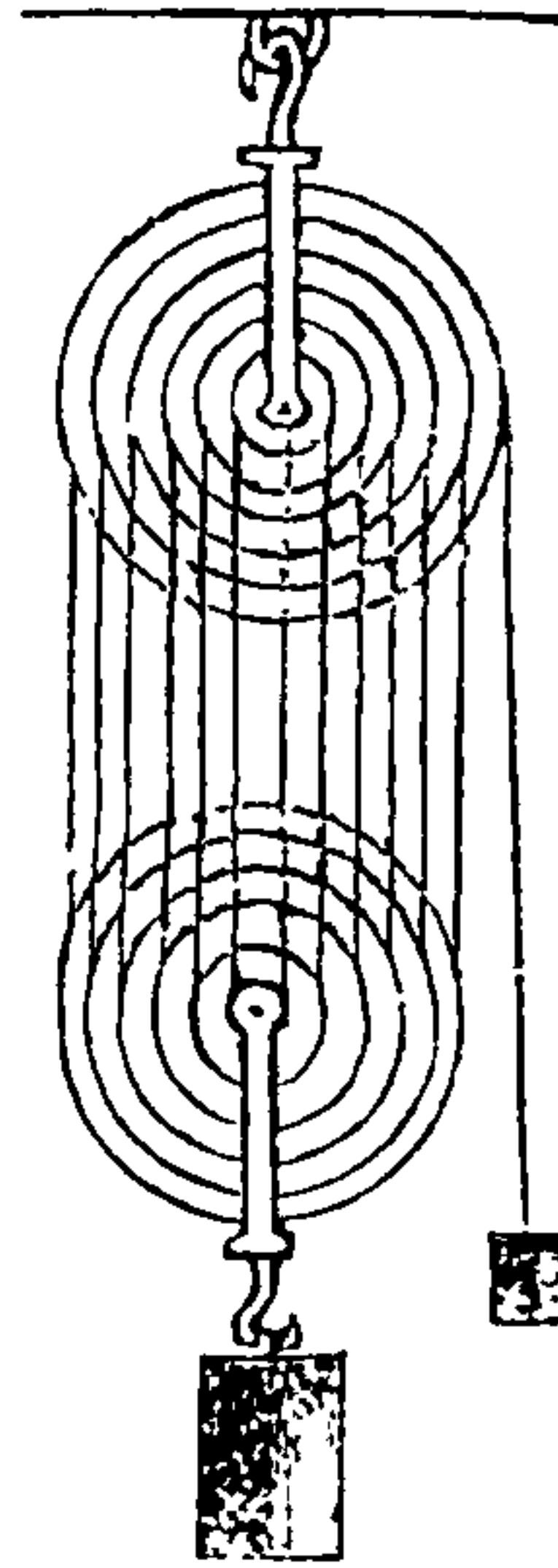
स्मीतन् या नावाचा एक प्रख्यात पुरुष होता त्याणें एक कप्प्यांची रचना कल्पनेनें केली आहे, त्यांत दर एक ठोकळ्यांत दहा चाक्रे असतात व तीं दोन ओळींत रचलीं असतात. ११५ व्या आकृतींत चाक्रांखालीं १, २, ३ इत्यादि अंक मांडले आहेत, त्या अनुक्रमानें दोरी चाक्रांतून नेली असत्ये. सर्व दोऱ्यांचा आंगीं सारखा तणावा आला असतो, यामुळे शक्तीचा सामर्थ्याइतका प्रत्येक दोराचा व्यापार सर्व वजनावर घडतो. जसें, २० शक्तीचा योगानें ४०० शेराचें वजन उचलितां येईल, कारण खालचा ठोकळ्यांत १० कप्प्या आहेत, प्रत्येक कप्पीस दोन दोन दोऱ्या आहेत, त्यांस २० शक्तीनें गुणिलें असतां उत्तर ४०० शें येईल.

कप्प्यांचा जा रचनेचें वर्णन वर केलें, त्यांत प्रत्येक कप्पीस निराळा आंस आहे; आणि प्रत्येक कप्पी आपल्या आंसावर फिरत्ये, यामुळे घर्षण फार होतें. ह्या दोषाचें निवारण करण्यासाठीं व्हेत् साहेवानें एक चांगली युक्ति काढिली आहे, त्यांत प्रत्येक ठोकळ्यांतील सर्व कप्प्या एकाच आंसावर फिरतात. ११६ व्या आकृतींत व्हेत् साहेव याची कप्पी दाखविली आहे, त्यांत दोन वाटोळे ठोकळे आहेत, आणि एकएक ठोकळ्यांत कप्प्या

आकृति ११५.



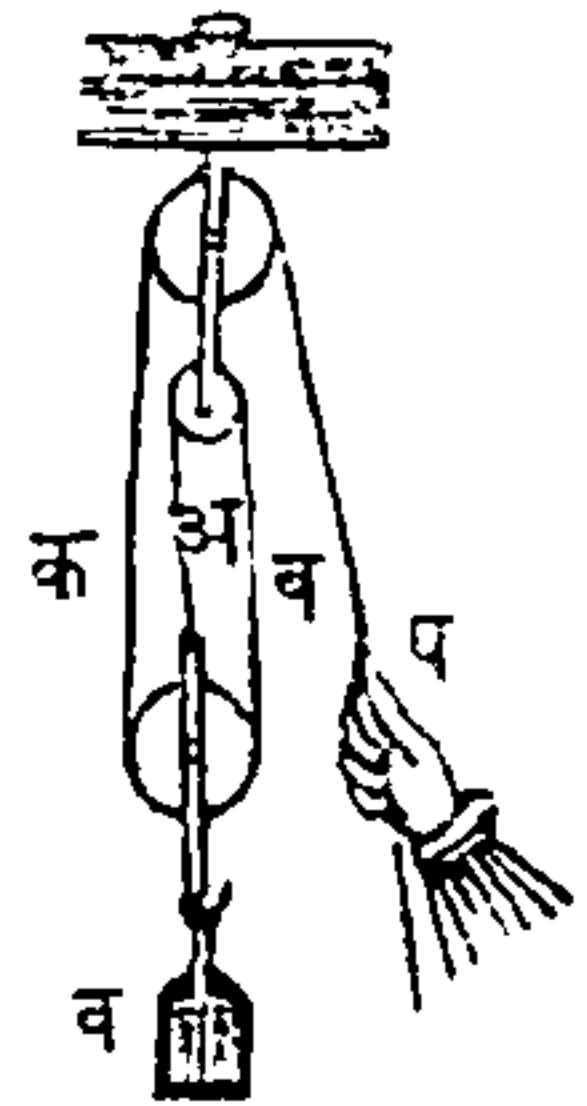
आकृति ११६.



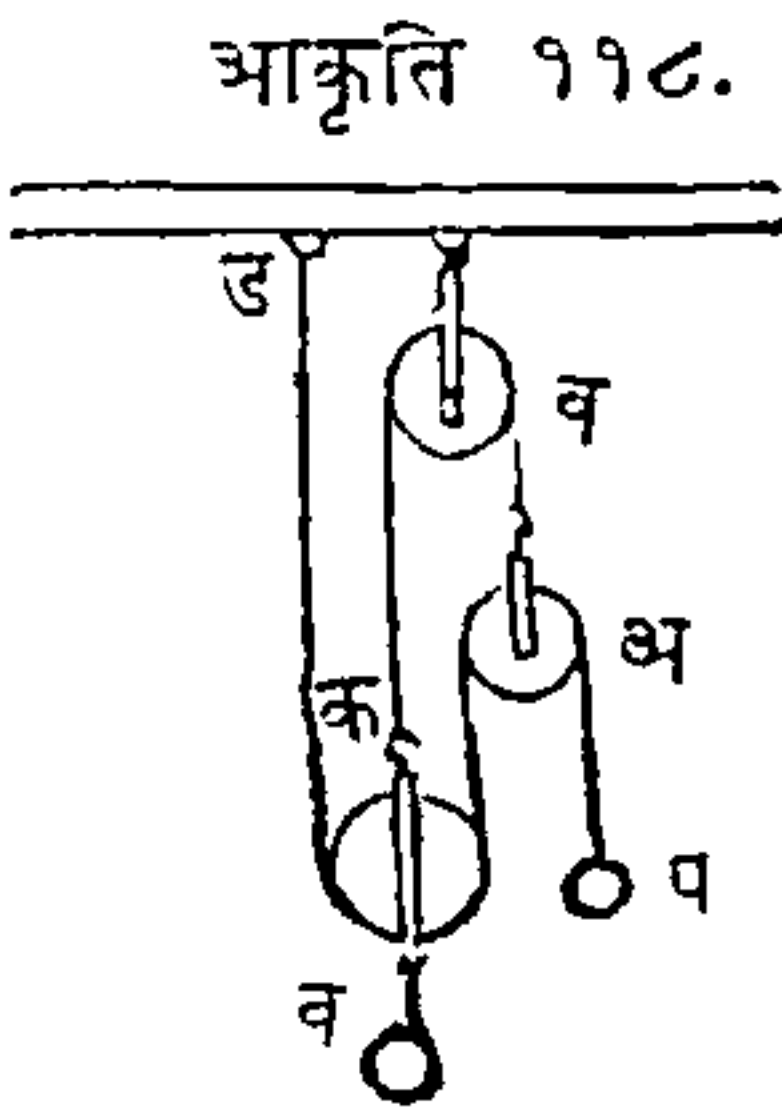
एकावर एक आहेत, आणि त्या सर्व एकाच आंसावर फिरतात. वरचा ठोकळ्याचा मोठ्या कप्पीपासून आरंभ करून अनुक्रमाने प्रत्येक कप्पीवरून एक दोर नेऊन शेवटी त्याचे टोक वरचा ठोकळ्याचा मध्याशी वांधितात.

एका अचरकप्पीचा योगाने शक्तीचा तिप्पट वजन उचलून धरितां येईल, ही योजना पुढील ११७ व्या आकृतीत दाखविली आहे. त्यांत दोरीचा अ, ब आणि क अशा तीन भागांनी १ शेराचा प शक्तीने तीन शेरांचे व वजन उचलिले आहे. कारण अ, ब आणि क यांतून प्रत्येक दोरीवर सारखाच तणावा आहे,

आकृति ११७.

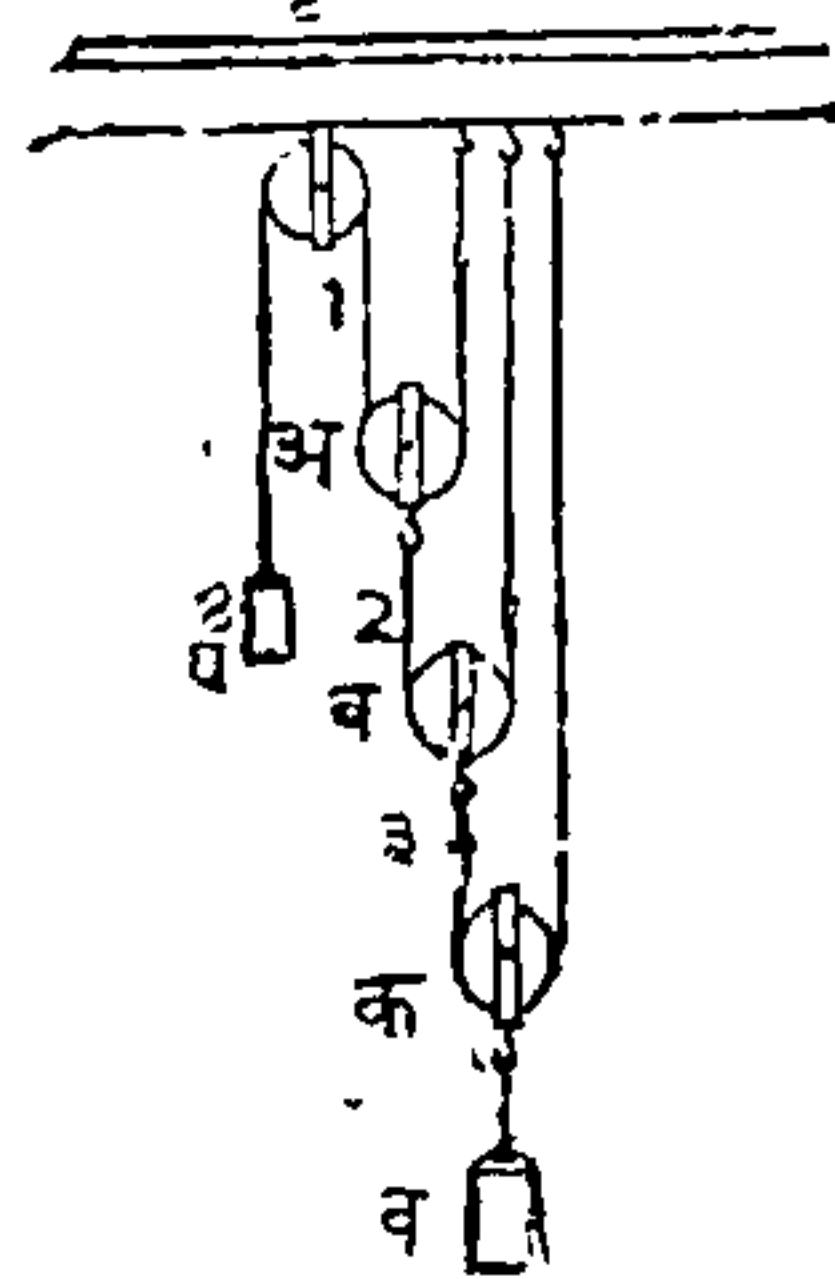


आणि तो प वजना इतका आहे; आणि या सर्वांचा तणा-  
व्यास प्रतिबद्धक व वजन आहे. दोन दोन्या आणि दोन  
चरकण्या यांचा साहिल्यानै एका लहान वजनानै त्याचा  
चौपट अथवा पांचपट मोठे वजन उचलितं येईल, असें  
बाजूवरील ११८ व्या आकृतींत दाखविलें आहे. व अच-



रकणी वरून जी अ व क दोरी जात्ये  
तिचा टोंकांस दोन चरकण्यांचे ठो-  
कळे बांधले आहेत. एक दोरी पहि-  
ल्या कणीवरून नेऊन तिसऱ्या कणी-  
चा खालून काढून ड वहालास बांधि-  
ली आहे, आणि त्या दोरीचा दुसऱ्या  
टोंकास प शक्ति लागू केली आहे. या

पक्षांत प अ, अ क, क ड यांतून प्रत्येक दोरीवर प शक्ति  
रतका भार आहे; आणि अ व, व क यांतून प्रत्येक दोरी प  
शक्तीचा दुप्पट भार उचलत्ये; आणि ड क, क व, क अ, या



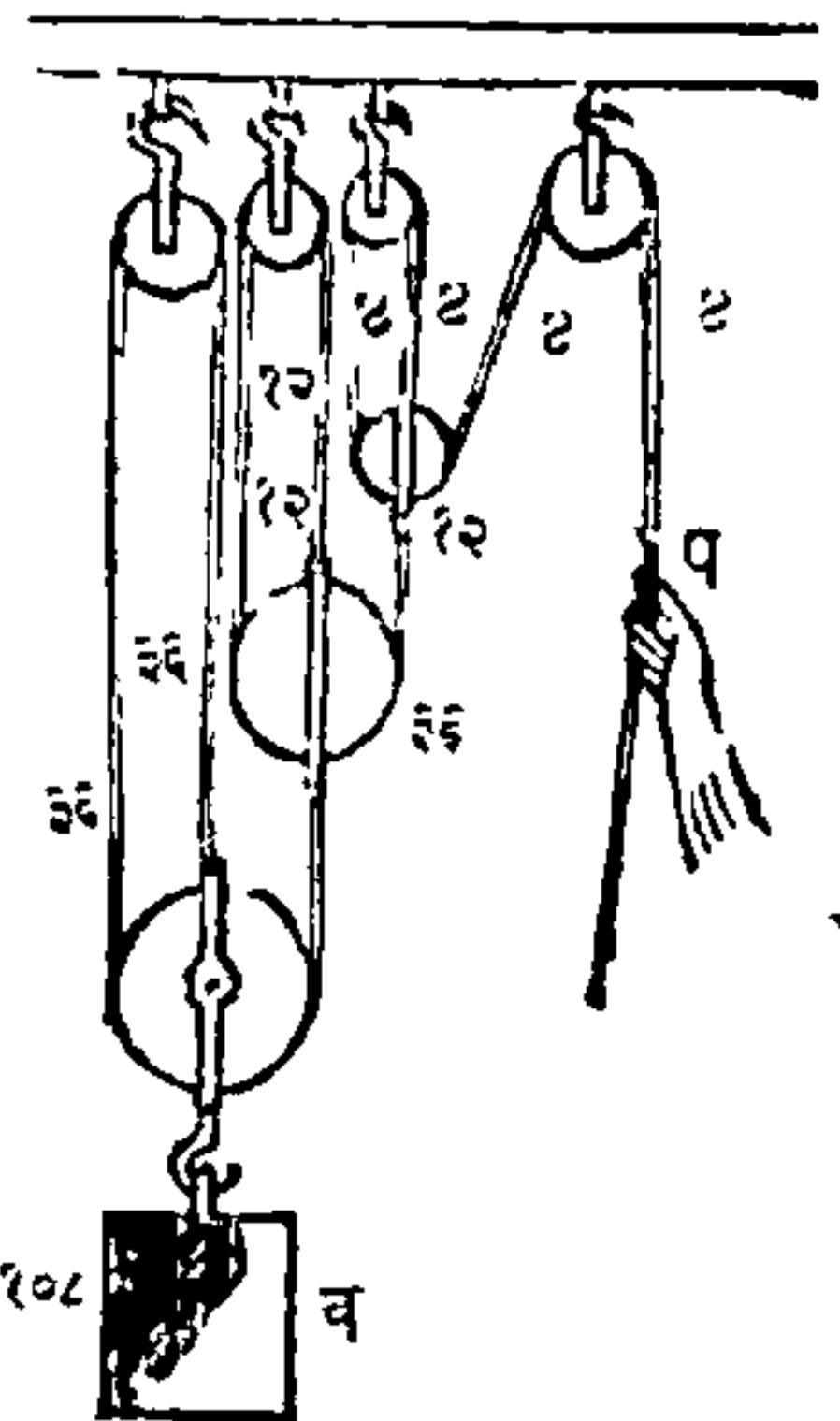
दोन्यांवरचा भारास प्रतिबद्धक व वजन  
होतें या वरून तें प चा चौपट असावें.  
कण्यांचा रचनेची शक्ति हवी ति-  
तकी वाढवितां येईल, अशा तऱ्हेनें अनेक  
चरकण्यांची योजना करितां येईल;  
बाजूवरील ११९ व्या आकृतींत एक  
कण्यांची योजना दाखविली आहे आ-  
णि तिला तीन दोर आहेत, आणि त्यांत

शक्तीचा आठपट वजन आहे. पहिल्या दोरीचा शेवटास ४  
शेरांची शक्ति टांगली आहे. ह्या दोरीवर १ ही खूण केली

आहे. आणि ती अ कर्पीखालून नेली आहे, आणि प्रत्येक दोरावर ४ शेरांचा भार आहे, यावरून तेथे ८ शेरांचे वजन उचलितां येईल. दुसऱ्या दोरीवर २ हा अंक मांडिला आहे, तो ब चरकणीखालून जातो. यावरून तो १६ शेरांचे वजन उचलील; ह्मणजे एक एक वाजूस ८ शेरांचा भार पडतो. वाकीचा तिसऱ्या दोरावर ३ हा अंक मांडिला आहे, आणि तो क चरकणीखालून जातो, यामुळे त्याचा प्रत्येक वाजूस १६ शेरांचा भार पडतो, अथवा सर्व मिळून ३२ शेरांचे वजन उचलावे लागते. याप्रमाणे ४ शेर प स्थळीं टांगिले असतां व स्थळीं ३२ शेर उचलितां येतील. वर दाखविल्याप्रमाणे तीन दोर आणि तीन चरकण्या यांचे जागीं जर चार दोर आणि चार चरकण्या असतील, तर प स्थळीं ४ शेर ठेविल्यानें व स्थळीं ६४ शेर उचलितां येतील. आणि याच प्रमाणाने पुढेहि घडेल; कारण कीं अशा रचनेस एक दोर अधिक लाविला असतां यंत्राचा सामर्थ्याची दुप्पट करितो हे उघड आहे. ११९ व्या आकृतींत

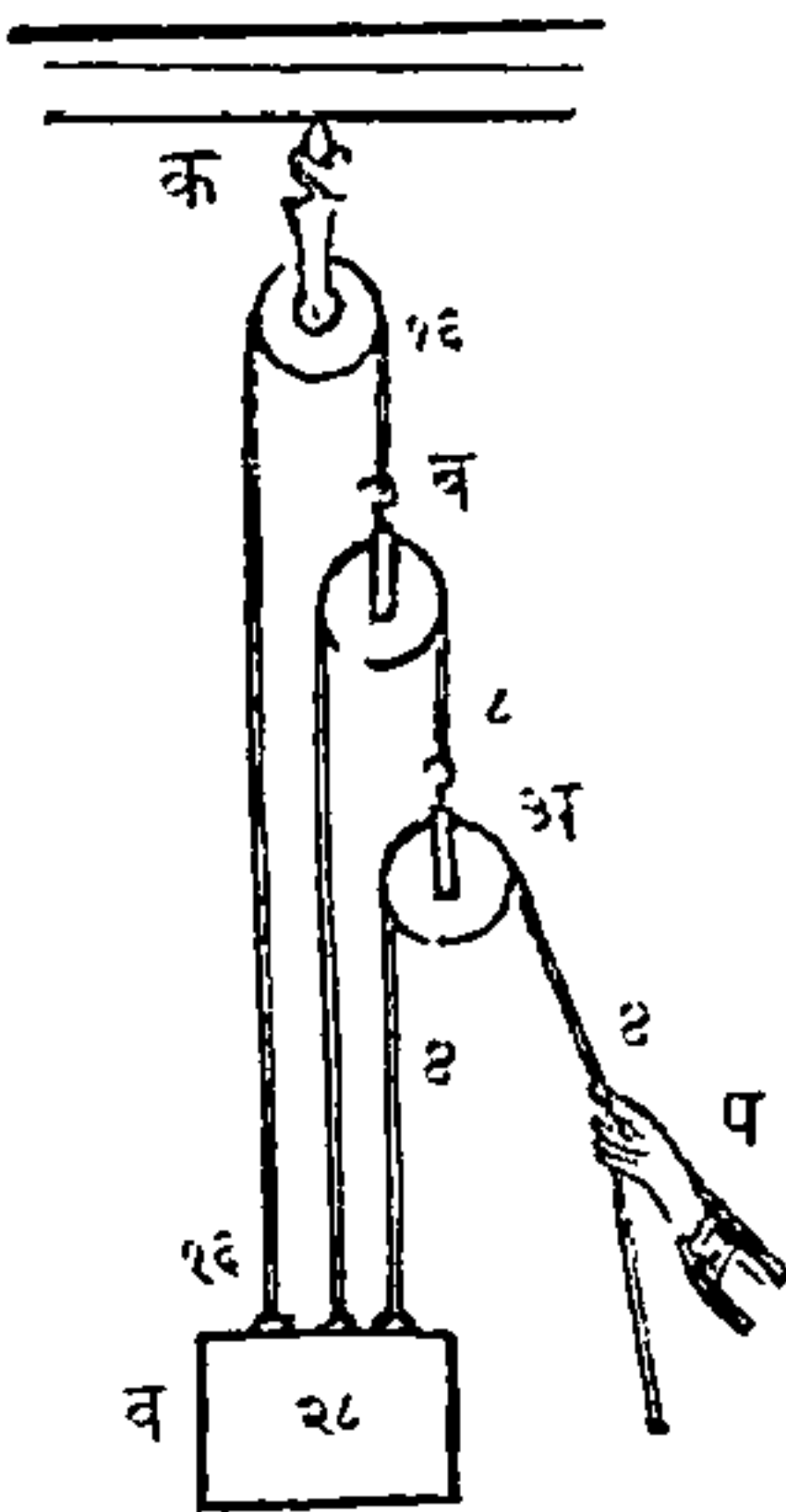
आकृति १२०.

दाखविल्याप्रमाणे आंकड्यांचे जागीं, लहान अचरकण्यांची योजना केल्यानें या यंत्ररचनेचे सामर्थ्य फार वाढवितां येते. या पक्षांत दोराचे टोंक आंकड्यास बांधिलेले नसते, परंतु ते एका अचरकणीवरून नेऊन एका चरकणीस बांधिलेले असते. वर दाखविल्याप्रमाणे प्रत्येक चरकणीस दोन दो-



न्यांचा सारख्या तणाव्याचा आधार आहे, त्याबद्दल या पक्षांत तीन दोऱ्यांचा सारख्या तणाव्याचा आधार आहे, ह्यणून पहिल्या दोरावर शक्तीचा वरोवर तणावा आला असतो, आणि त्याचा तिप्पट तणावा दुसऱ्या दोरावर आला असतो. दुसऱ्या दोराचा तिप्पट अथवा पहिल्या दोराचा नऊपट तणावा तिसऱ्या दोरावर आला असतो, आणि याप्रमाणे पुढेही घडते. आणि शेवटील दोराचा तणाव्याचा तिप्पट वजन असते. यामुळे प स्थळी ४ शेर असल्याने व स्थळी १०८ शेर उचलितां येतील.

आकृति १२१.



वाजूवरील १२१ व्या आकृतींत एक कप्यांची रचना दाखविली आहे, त्यांत ११९ व्या आकृतींत दाखविल्याप्रमाणे दोराचें टोंक शेवटीं एका स्थिरबिंदूस बांधिलें असतें तसें नाहीं, परंतु तें वजनास बांधिलें आहे. अ आणि ब ह्या दोन चरकप्या आहेत, आणि क अचरकप्पी आहे. क अचरकप्पीवरून एक दोर नेऊन त्याचें एक टोंक व वजनास बांधिलें

आहे, आणि दुसरें टोंक ब चरकप्पीस अडकविलें आहे, पूर्वीप्रमाणे ब कप्पीवरून दुसरा एक दोर नेऊन त्याचें एक टोंक वजनास बांधिलें आहे, आणि दुसऱ्या टोंकास अ कप्पी बांधिली आहे. या पक्षांत वजनास उचलणारे तीन दोर आहेत; त्यांतून पहिला दोर शक्तीचा साम-



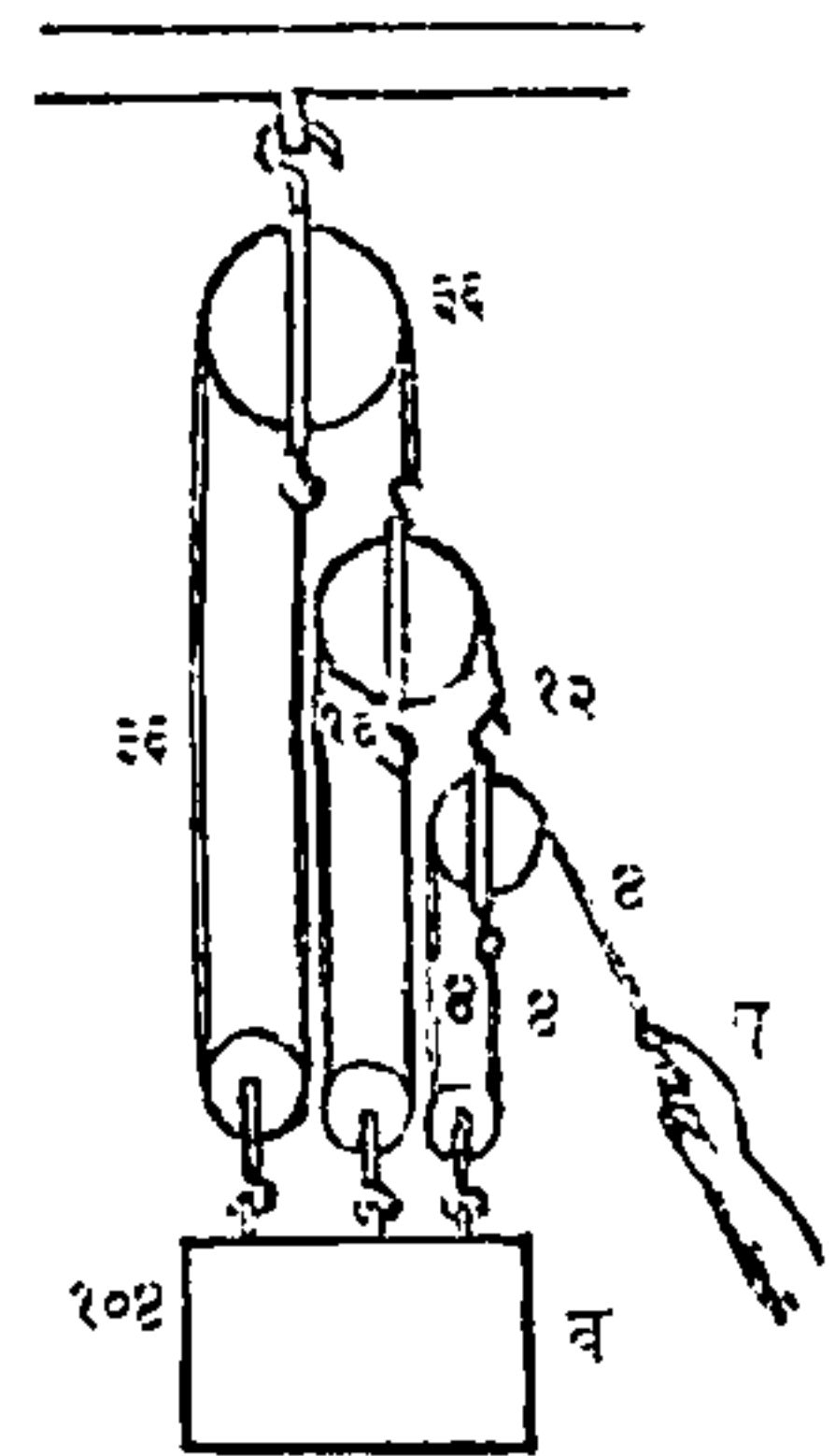
ध्याने ताणला आहे. दुसरा दोर शक्तीचा सामर्थ्याचे दुपटीने ताणला आहे, आणि तिसरा दोर शक्तीचा सामर्थ्याचा चौपटीने ताणला आहे. यावरून या पक्षांत शक्तीचा सातपट वजन आहे, ह्यणजे ४ स्थळीं ४ शेर लाविल्याने व स्थळीं २८ शेर उचलितां येतील.

१२१ व्या आकृतींत दाखविल्याप्रमाणें दोरांचीं टोंकें वजनास बांधिलेलीं असतात, त्याबद्दल बाजूवरील (१२२) व्या आकृतींत दाखविल्याप्रमाणें तीं टोंकें चाकांचा आंतून नेऊन शेवटीं वरचा कप्यांस बांधिलीं, तर अशा रचनेचें सामर्थ्य फार वाढवितां येईल. या उदाहरणांत शक्तीचा २६ पट वजन आहे. ह्यणजे ४ स्थळीं ४ शेर असल्याने व स्थळीं १०४ शेर उचलितां येतील.

कप्यांचा भिन्नभिन्न जातींचा रचनाचा विचार करित्येसमयीं कप्यांचें वजन गणनेंत घेतलें नाहीं.

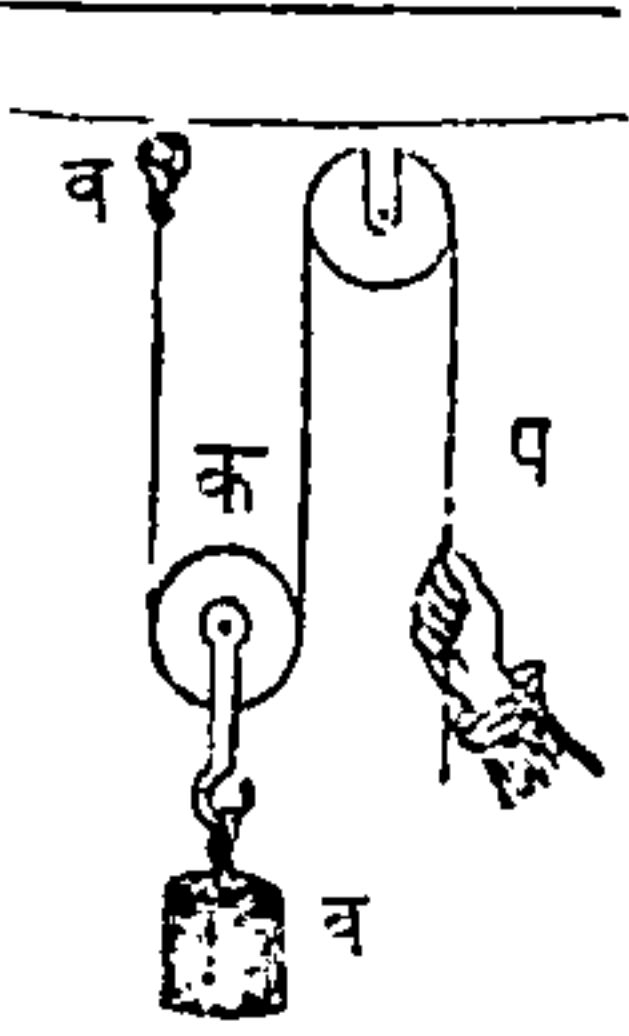
मागील दोन उदाहरणांत, १२१ आणि १२२ या आकृतींत कप्यांचे वजनापासून उचलणाऱ्या शक्तीस साहित्य होतें असें एथें लिहिण्यास योग्य आहे. आणि ११९ आणि १२० या आकृतींत कप्यांचें वजन शक्तीस प्रतिवद्धक होतें. कप्यांचा या रचनेस (११८ आकृति) स्पानिश् बरतन् असें ह्यणतात, त्यांत कप्यांचीं वजनें परस्परांस नाहींशीं करितात.

आकृति १२२.



उच्चालक आणि दुसरीं सर्व यंत्रें यांप्रमाणें कर्पीसही विर्तुअल् विलोसितीचा नियम लागू होतो असें सर्व पक्षांत दिसून येईल. उदाहरण, दोराचें एक टोंक व

आकृति १२३.



आंकड्यास बांध (आकृति १२३) नंतर क चरकर्पीस वजन टांगून तिचा खालून दोर नेऊन त्याचा दुसऱ्या प टोंकास शक्ति लागू केली आहे अशी कल्पना जर केली, तर व वजन १ फूट चढवण्याकरितां, जा दोन दोरांनीं वजन आणि कर्पी हीं उचलून धरिलीं आहेत, त्यांतून प्रत्येक दोर १ फूट तोंकडा झाला पाहिजे हें उघड आहे. ह्मणजे वजनास १ फूट चढविण्याकरितां शक्तीस २ फुटी खालीं आले पाहिजे, आणि यावरून वजनाचा वेगाचे दुप्पट शक्तीचा वेग होतो. याच रीतीनें १०७ व्या आकृतींत १ शक्तीनें ३ वजन उचलिलें जातें, त्यांत जर शक्ति ३ फुटी खालीं जात्ये, तर जा कर्पीस वजन टांगिलें आहे, तिचा दोर तीन फुटी तोंकडा होईल, आणि यामुळें त्या कर्पीस जे दोराचे तीन भाग असतात, ते प्रत्येक एक एक फूट तोंकडे होतील असें सिद्ध करितां येईल. या पक्षांत वजनाचा वेगाचा तिप्पट शक्तीचा वेग आहे. कर्प्यांचा जा सर्व रचनांचें विवरण मागें केलें त्यांसही हा नियम एकसारखा लागू होतो. हीच गोष्ट शब्दभेदानें सांगितली असतां, याप्रमाणें ह्मणतात, कीं कर्प्यांचा कोणत्याही रचनेंत जेव्हां वजन आणि शक्ति हीं परस्परांस तोलून धरितात, तेव्हां

शक्ति आणि जा स्थळांतून तिचें गमन घडतें, त्यांचा गुणाकार, वजन आणि त्याचे गमनाचें स्थळ यांचा गुणाकार, हे बरोबर होतील. शास्त्रातीनें कप्पीपासून जो स्वार्थ होतो असें दिसतें, तो स्वार्थ व्यवहारांत फार कमी होतो, कारण दोन्यांचें घर्षण, आणि जा खुंट्यांवर अथवा आंसांवर कप्प्या फिरतात त्यांचें घर्षण, यांसाठीं पुष्कळपणीं सूट द्यावी लागत्ये. बहुतेक पक्षांत शक्तीचे निकृष्ट तरी दोन तृतीयांश नाहींसे होतात असें ठरविलें आहे. गारनेट् साहेबानें घर्षणलाटांचो जी युक्ति काढिली आहे, तिची योजना केली असतां कप्प्याचा कोणत्याही रचनेंतलील घर्षण फारकरून कमी करितां येईल.



## अध्याय १०.

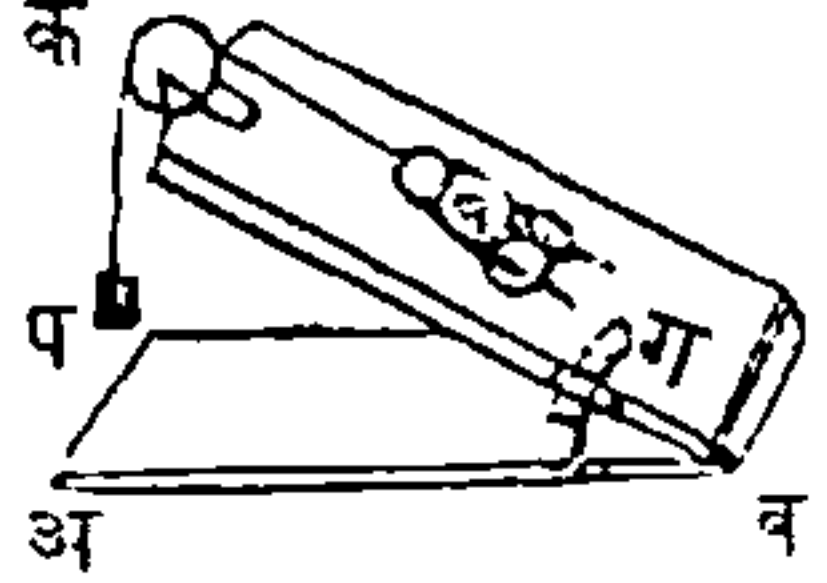
### उतरण.

सर्व मूळ यंत्रांत उतरण हें एक फार साधें यंत्र आहे; त्यांतिल मुख्य अवयव एक सपाटी, ती केवळ कठीण अशी कल्पिलेली असत्ये, आणि क्षितीमर्यादेचा सपाटीशी ती सपाटी कोन करित्ये. त्या सपाटीचा उतार क्षिति-मर्यादरेषेजवळ जवळ किंवा उभ्या चढावासारिखा असतो - जेव्हां मोठेसें पिंप गाडींत चढवायाचें असतें, आणि जेव्हां चढविणाऱ्या मनुष्याचा शक्तीपेक्षां तें जड असतें, तेव्हां तो एक बळकट फळें घेऊन त्याचें एक टोंक गाडीवर टेंकून दुसरें टोंक जमिनीवर ठेवितो; आणि अशा तऱ्हेनें उतरण तयार करून तिचा उपयोग करितो; नंतर तो मनुष्य त्या फळ्यावरून तें पिंप लोटीत लोटीत शेवटीं गाडींत टाकितो. ही उतरण जितकी लहान असेल तितका तिचा चढाव अधिक होईल. आणि तीच उतरण जितकी लांब असेल त्याप्रमाणें तिचा चढाव सोपा होईल हें उघड आहे. जा टेंकडीचा चढाव केवळ उभा असतो, तिचावर ओझें चढविण्यापेक्षां, जो टेंकडी थोड्या चढावाची असत्ये, तिजवर ओझें लोटीत नेण्यास फार सोपें पडतें, ही गोष्ट अनुभवावरून समजत्ये - मनांत आण कीं एक पिंप ५०० शेर वजनाचें आहे; आणि जर कोणत्याही यंत्राचा उपयोग केला नाही तर तें पिंप गाडींत उचलून ठेवण्यास ५०० शेरांची शक्ति लागेल.

परंतु जर त्यास उतरणीवरून लोटीत नेलें, तर ५०० शेरांपेक्षां कमी शक्ति लागेल, आणि शक्तीचा हा कमीपणा उतरणीचा चढावाचा कमीपणाचा प्रमाणानें घडेल. इतर सर्व यांत्रिकस्वार्थाप्रमाणें यांत जो नफा होतो, त्याप्रमाणें लागलाच काळाचा तोटा होतो. उतरणीचा उंचीपेक्षां उतरणीची लांबी जितकी अधिक असेल, त्याप्रमाणें या मूळ यंत्रापासून नफा होईल. वाजू-

आकृति १२४.

वरील (१२४) व्या आकृतींत अ ब क क्षितिमर्याद सपाटी आहे, ब क दुसरी एक सपाटी पहिलीशी तिकिस ठेविलेली आहे; त्या दुसऱ्या सपाटीचा



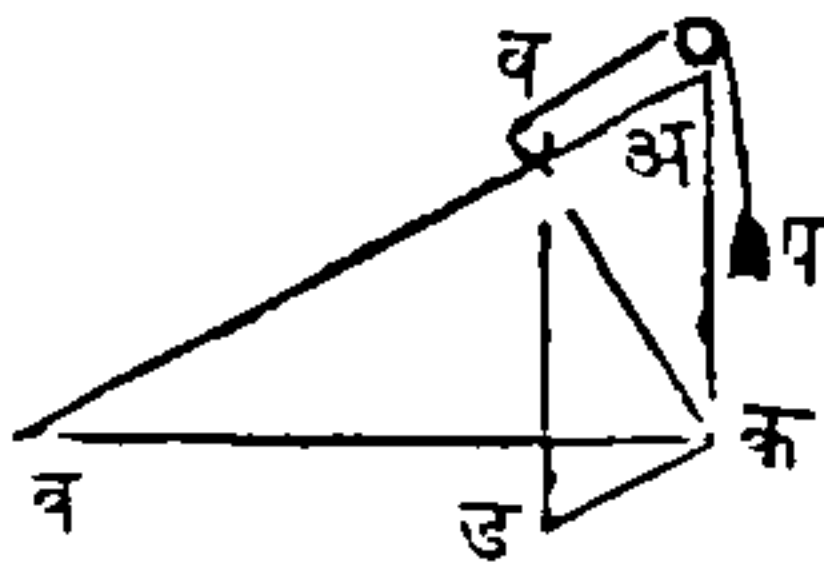
उंचीचा कोन अ ब क आहे, आणि व तिजवर ठेविलेले वजन आहे, असें मनांत आण. उतरणीचा उंचीचे दुप्पट जर तिची लांबी असेल, ह्मणजे जर अपासून क पर्यंत अंतराचे दुप्पट ब क सपाटीची लांबी असेल, - तर प स्थळीं ४ शेरां टांगिल्यानें ब आणि क यांचामध्यें कोठे तरी ८ शेरांस तोलून धरितां येईल. जर अ पासून क पर्यंत उंची न वाढवितां ब क सपाटीची लांबी वाढविली, तर प स्थळीं ४ शेरांपेक्षां कमी शक्ति लाविल्याने ब आणि क यांचामध्यें कोठें तरी ८ शेरां तोलून धरितां येतील हें उघड आहे; - या व्याख्यानापासून असा निश्चय करितां येईल, कीं उतरणीची उंची जितकी कमी असेल, त्याप्रमाणें कोणतेही वजन तिजवर तोलून धरण्यास कमी शक्ति लागेल. वरचा आकृतींत ब स्थळीं विजागरे आहे न्यावर ब क उतरण फिरये, तेणेंकरून उतरण वर किंवा



खालीं करितां येत्ये; आणि यामुळे तिचा उंचीचा कोन अधिक किंवा कमी करतां येतो आणि भाग केलेला जो ग कौंस आहे त्यावरून तो कोन दिसून येतो.

प्रेरणैकीकरण आणि प्रेरणापृथक्करण यांचें कारण लागू केलें असतां वर दाखविलेला उतरणीचा गुण नी-

आकृति १२५.



टपर्णीं लक्षांत येईल; वाजुवरील (१२५) व्या आकृतींत व वजनावर

प शक्ति उतरणीशीं अ व समांतर दिशेंत लागू होत्ये असें मनांत आण;

अ व वर क व लंब कर, अ क शीं समांतर व ड कर, आणि अ व उत-

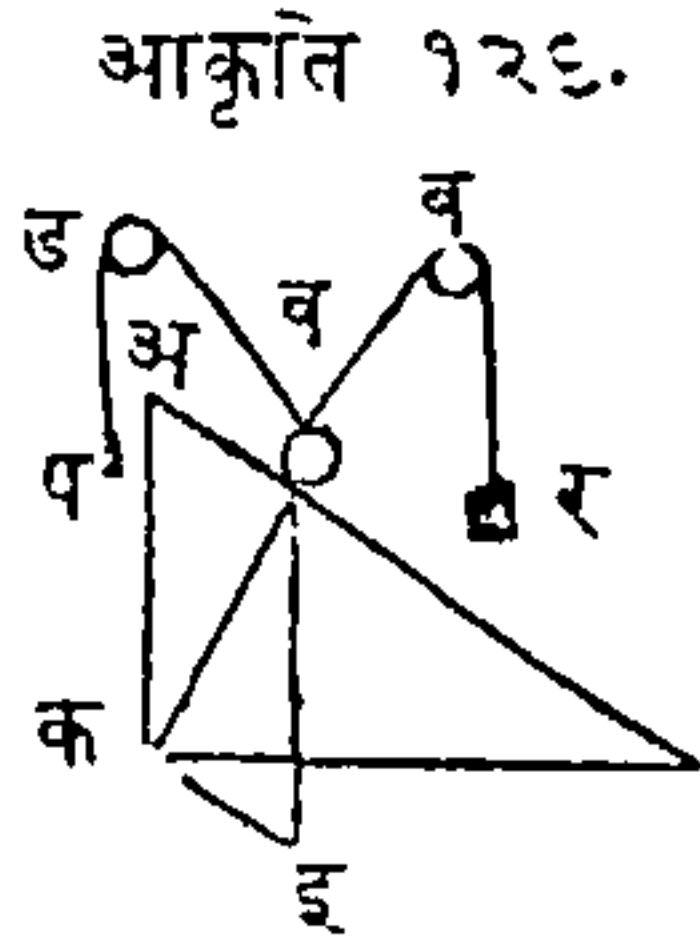
रणीशीं समांतर क ड कर; आतां व वजनावर लागू होऊन त्यास तोलून धरणाच्या प्रेरणा तीन आहेत; एका प शक्ति, तिचा व्यापार व अ दिशेंत घडतो; दुसरी प्रेरणा, पदार्थाचें वजन, तिचा व्यापार व ड दिशेंत घडतो; तिसरी प्रेरणा, उतरण, तिचा व्यापार क व लंबाचा दिशेंत घडतो. आतां प्रेरणोपपादक समांतरवाजुचौकोनाचा सिद्धांतापासून असें दिसण्यांत येतें कां, जर त्रिकोणाचा वाजुंशीं समांतर दिशेंत तीन प्रेरणा एका पदार्थावर लागू होऊन त्यास तुलनेंत ठेवितात, तर त्या प्रेरणा त्या त्रिकोणाचा वाजुंशीं प्रमाणांत होतील. यावरून व अ ला व ड, अथवा व अ ला अ क, अथवा अ क ला अ व त्याप्रमाणें प शक्ति व वजनास होईल. उदाहरण, जर उतरणीची उंची १ फूट, आणि तिची लांबी २० फुटी आहे, तर त्या उतरणीवर २० शेरांचें वजन १ शेराचा शक्तीनें तोलून धरितां येईल.

वरचा सर्व लेखांत शक्ति वजनास तोलून किंवा उचलून धरिले असे जेथे येईल, त्याचा अर्थ वजनाचा सर्व भार शक्तीवर पडतो, असा करूं नये, परंतु शक्ति वजनास उतरणीवरून खालीं गडवडूं देत नाहीं असें समजावें. शक्ति आणि उतरण हीं यथांशेंकरून सर्व वजनास तोलून धरितात; आणि उतरणीचा योगानें वजनाचा जितका भाग संभाळिला जातो, तो शक्तीचा वांट्यांतून कमी होतो. उतरणीचा उताराचा कोन जितका कमी असेल तितकें थोडें वजन शक्तीस उचलावें लागेल, आणि उतरणीचा वांट्यास अधिक येईल; आणि याचा उलटेंही घडेल.

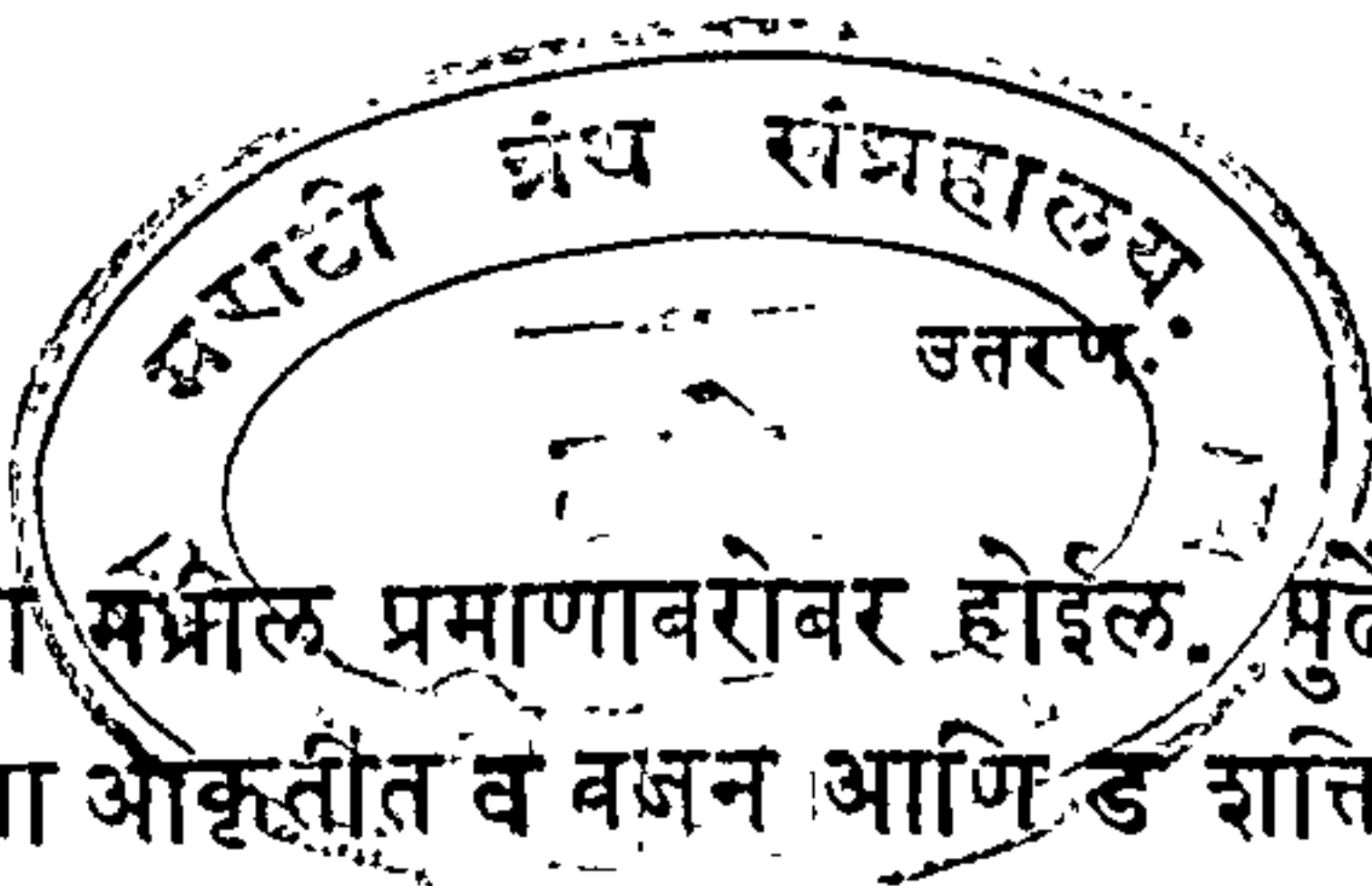
जेव्हां एक पदार्थ उतरणीवरून लोटीत नेतात, तेव्हां घर्षण आणि त्या पदार्थाचें गुरुत्व यांचा अतिक्रम करावा लागतो; कारण गुरुत्वाचा योगानें पदार्थ अति नीच स्थळीं येऊं लागतो, पण सरळरेषेत पृथ्वीचा सपाटीकडे येण्यास त्यास उतरण प्रतिबंध करित्ये. गुरुत्वाचें विवरण करित्ये समर्थीं (४३) व्या पत्रांत सांगितलें आहे, कीं पदार्थ आपल्या गुरुत्वाचा योगानें पडून पृथ्वीचा सपाटीकडे येऊं लागला असतां, पहिल्या सेकंदांत त्याचें पतन  $१६\frac{१}{१४}$  फुटींतून घडते; परंतु जेव्हां तो उतरणीवरून खालीं येतो, तेव्हां,  $१६\frac{१}{१४}$  फुटींत जितक्या उताराचा फुटी असतील तितक्या फुटींतून त्याचें गमन पहिल्या सेकंदांत घडतें. उदाहरण, उतरणीचा लांबीचा  $१६\frac{१}{१४}$  फुटींत ३ फुटी उतार असेल, तर पदार्थ या उतरणीवर-

रून पहिल्या सेकंदांत ३ फुटी खालीं येईल, आणि या-  
प्रमाणें पुढें होईल.

शक्तीचा व्यापार वर सांगितल्याप्रमाणें उतरणीशीं  
समांतर दिशेंत घडतो, तसा न घडतां, जर १२६ व्या  
आकृतींत दाखविल्या प्रमाणें व ड दिशेंत



घडेल, तर १२५ व्या आकृतीप्रमाणें, अ  
ल उतरणीस व क लंब, ल क क्षितिम-  
र्याद रेषेस व इ लंब आणि व ड रेषेशीं  
इ क रेघ समांतर काढिल्यानें, शक्ति आ-  
णि वजन यांचामधील प्रमाण काढितां  
येईल; कारण व ड आणि व इ या दोन रेघा जा प्रेरणा  
दाखवितात, त्या अनुक्रमें प आणि व या दोन प्रेरणांचा  
बरोबर आहेत, आणि या दोन प्रेरणा मिळून व क कर्ण  
होतो तो उतरणीवरचा सर्व भाराचा दर्शक आहे. जर  
उतरण काढून तिचा जागीं दुसरी एक प्रेरणा व ब दि-  
शेंत लागू केली, ती प्रेरणा र दाखवितो, आणि तिचा  
योगानें वजन स्थिर राहतें, तर त्याच प्रेरणेचा योगानें  
उतरणीचा प्रत्याघात दाखवितां येईल. या पक्षांत व  
वजनास तीन प्रेरणा स्थिर ठेवितात; पहिली गुरुत्व प्रेर-  
णा, तिचा व्यापार व इ दिशेंत घडतो; दुसरी प शक्ति  
तिचा व्यापार व ड दिशेंत घडतो; आणि तिसरी उतर-  
णीचा प्रत्याघातरूप प्रेरणा, तिचा व्यापार व ब लंबाचा  
दिशेंत घडतो. जर शक्तीचा व्यापार उतरणीशीं अथवा  
उतरणीचा पायाशीं समांतर घडतो, तर शक्ति आणि वजन  
यांचा मधील प्रमाण, उतरणीची उंची आणि पाया, यां-

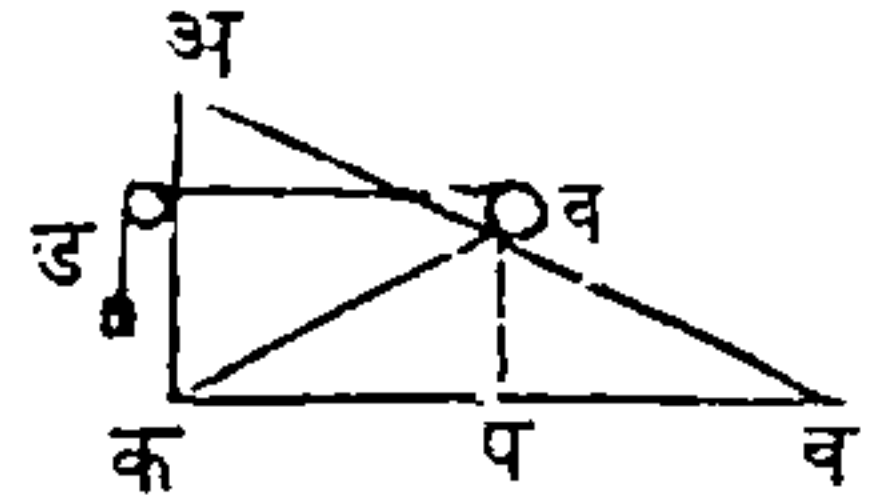


१६७

चा मधील प्रमाणावरोबर होईल. पुढे दाखविलेल्या १२७

व्या आकृतीत व वजन आणि ड शक्ति आहे, आणि तिचा व्यापार पायाशी समांतर व ड दिशेत घडतो; तर वरचा उदाहरणाप्रमाणे शक्ति आणि वजन यांचा मधील प्रमाण काढितां येईल. यावरून असे दिसून येईल

आकृति १२७.

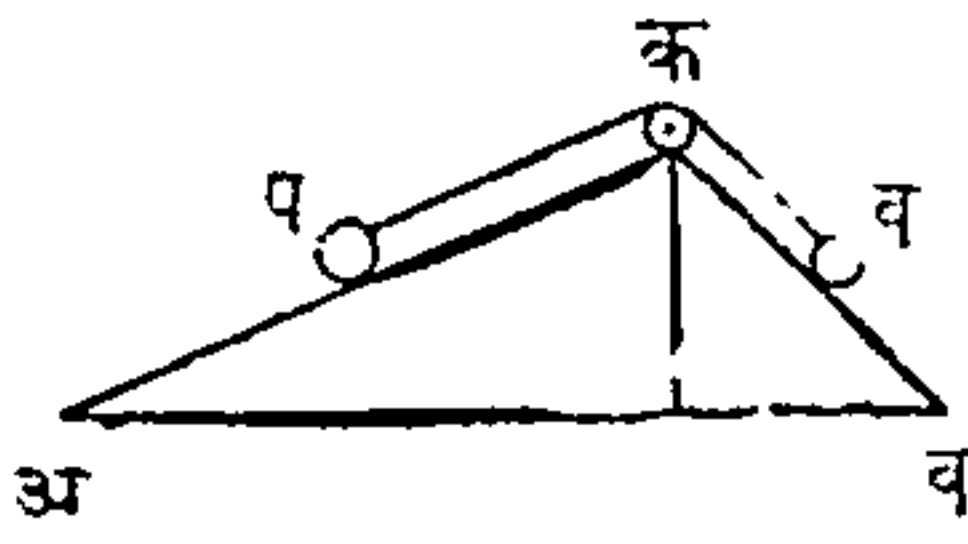


कीं व ड जशी व प रेघेला प्रमाण, अथवा अ क जशी व क रेघेला प्रमाण, ह्मणजे उतरणीचा उंची जशी तिचा पायाला प्रमाण, आहे, तशी ड शक्ति व वजनास होईल.

वर दाखविलेल्या १२५ व्या आकृतीप्रमाणे, जेव्हां शक्तीचा व्यापार उतरणीशीं समांतर घडतो, तेव्हांच त्यापासून मोठा स्वार्थ होतो असे वरचा उदाहरणावरून लक्षांत येईल; कारण जर १२६ व्या आकृतीत दाखविल्याप्रमाणे शक्तीचा व्यापार तिकस घडेल, तर वजनास वर उचलण्याकरितां शक्तीचा कांहीं अंश खर्चावा लागेल आणि जर १२७ व्या आकृतीप्रमाणे शक्तीचा व्यापार उतरणीचा खालीं ह्मणजे तिचा पायाशीं समांतर दिशेत घडेल, तर वजनास उतरणीवर दावून धरण्याकरितां शक्तीचा कांहीं अंश खर्चावा लागेल; परंतु जर शक्तीचा व्यापार सपाटीशीं समांतर घडेल, तर सर्व शक्ति वजनास उतरणीवरून वर ओढण्यास लागू होईल; आणि जेव्हां शक्ति उतरणीचा वर किंवा खालीं लागू होये, तेव्हां अशी गोष्ट घडत नाही, कारण तिचा कांहीं अंश मात्र उपयोगास लागतो.

एका उतरणीवरील वजनास दुसऱ्या उतरणीवरील वजनानें तोलून धरितात; या पक्षांत जा उतरणीवर तीं वजनें असतात, त्या उतरणींचा पायांचा प्रमाणानें तीं वजनें

आकृति १२८.



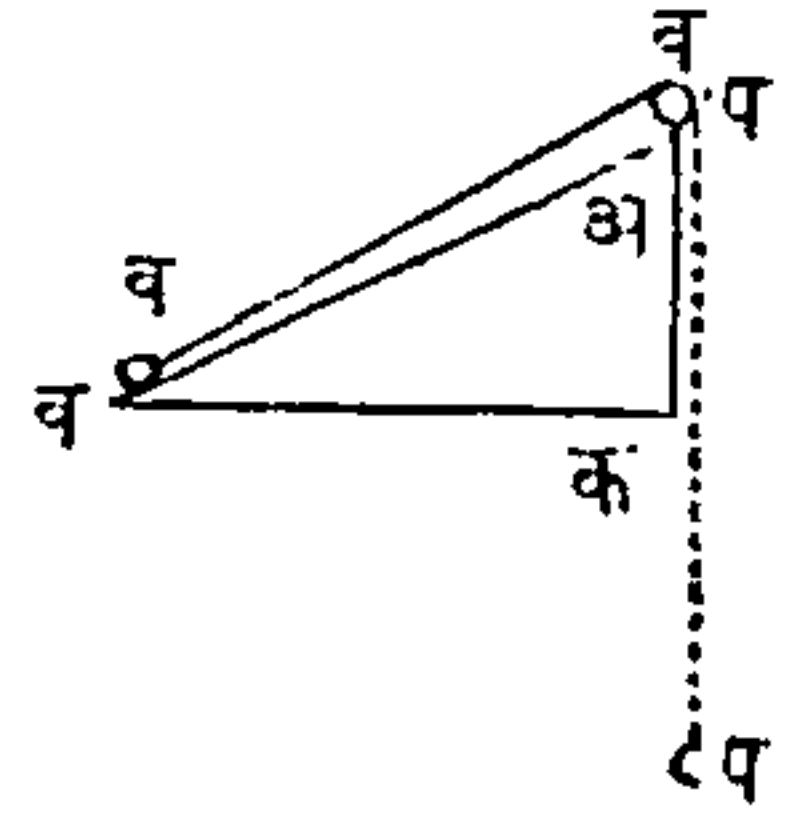
असतात. १२८ व्या आकृतींत दोन उतरणी दाखविल्या आहेत, त्यांची उंची सारिखी असून त्यांचे उतार सारखे नाहींत; व आणि प हीं दोन वजनें या उतरणींवर आहेत, तीं एका दोरीस बांधून ती दोरी क कप्पीवरून सोडिली आहे. लांब उतरणीची लांबी अ पासून क पर्यंत २ फुटी आणि तोंकड्या उतरणीची लांबी ब पासून क पर्यंत १ फूट असेल, तर तोंकड्या उतरणीवर व स्थळीं ४ शेर ठेविल्यानें लांब उतरणीवर प स्थळीं ८ शेर तोलून धरितां येतील, आणि याचसारिखें दुसऱ्या कोणत्याही प्रमाणानें घडेल. एकाशीं एक लागलेल्या उतरणींवरून ओझीं चढविण्याची ही रीति, मोठमोठ्या कामांत घेतात, त्या ठिकाणीं निरनिराळ्या उताराचे लोखंडी रस्ते केलेले असतात, त्यांचा योगानें एक भरलेला गाडा एका उतरणीवरून खालीं येतो, आणि त्याचा योगानें दुसरा भरलेला किंवा रिकामा गाडा दुसऱ्या उतरणीवरून वर चढतो.

वित्तुभल विलोसितीचा नियम उतरणीस लावितां येईल. एका उतरणीवर दोन प्रेरणा परस्परांस तोलून धरितात, त्यांस जर चलन दिलें, तर शक्ति आणि तिचें गमनस्थळ यांचा गुणाकार, आणि वजन आणि त्याचें गमन



जा उंचीतून होतें, यांचा गुणाकार, हे दोनही बरोबर होतील असें या पुढील उदाहरणावरून दिसेल. अ व एक उतरण आहे, (आकृति १२९) व वजन उतरणीचा पायाशीं व जवळ आहे, आणि प शक्ति उतरणीचा शिराशीं आहे. नंतर वजन उतरणीचा शिराशीं येईपर्यंत शक्ति खाली ओढिली, तर उतरणीचा उंचीइतक्या स्थळांतून वजन वर चढेल, आणि जितका दोर कर्पीवरून जातो तितक्या स्थळांतून शक्ति चालेल; ह्मणजे उतरणीचा लांबीइतकी चालेल. यावरून प आणि त्याचें गसनस्थळ यांचा गुणाकार आणि व आणि जा उंचीतून त्याचें गसन होतें तें स्थळ, यांचा गुणाकार, हे दोनही बरोबर होतील. उदाहरण, उतरणीची उंची १ फूट, तिची लांबी ५० फुटी, व वजन ५० शेर आणि प शक्ति १ शेर असेल, तर प शक्ति ५० फुटीतून खाली उतरेल आणि व वजन १ फूट उभें चढेल. इतर मूळ यंत्रांप्रमाणें उतरणीपासून जितका शक्तीचा नफा होतो, तितका वेगाचा तोटा होतो.

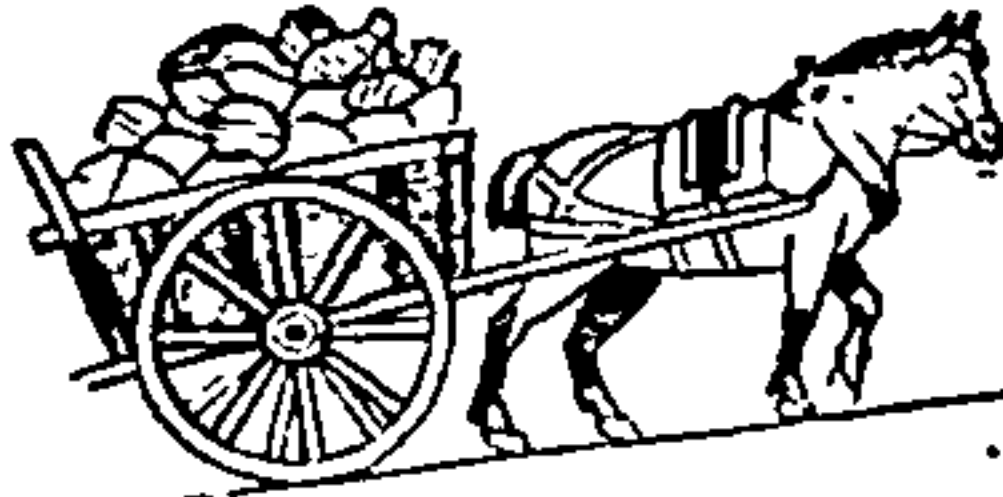
आकृति १२९.



रस्त्याचा कांहीं भागांत जी त्याची उंची असत्ये, त्यावरून त्या रस्त्याचा उताराची गणना करितात; उदाहरण, रस्त्याचा उताराचा २० फुटी लांबीत जर त्यास एक फुटीचा चढाव असेल, तर तो रस्ता २० फुटीत एक फूट चढतो असें ह्मणतात. जा टेंकडीचा

चढाव २० फुटींत एक फूट उसतो, त्या टेंकडीवरून

आकृति १३०.



जर घोडा  
गाडा ओढी-  
ल, (आकृति  
१३०) तर  
त्या गाड्या-  
चा वजनाचा

एक विसांश मात्र ओढावा लागेल; कारण जरी गाडा २० फुटीवरून जातो, तथापि तो १ फूट उंच चढतो.

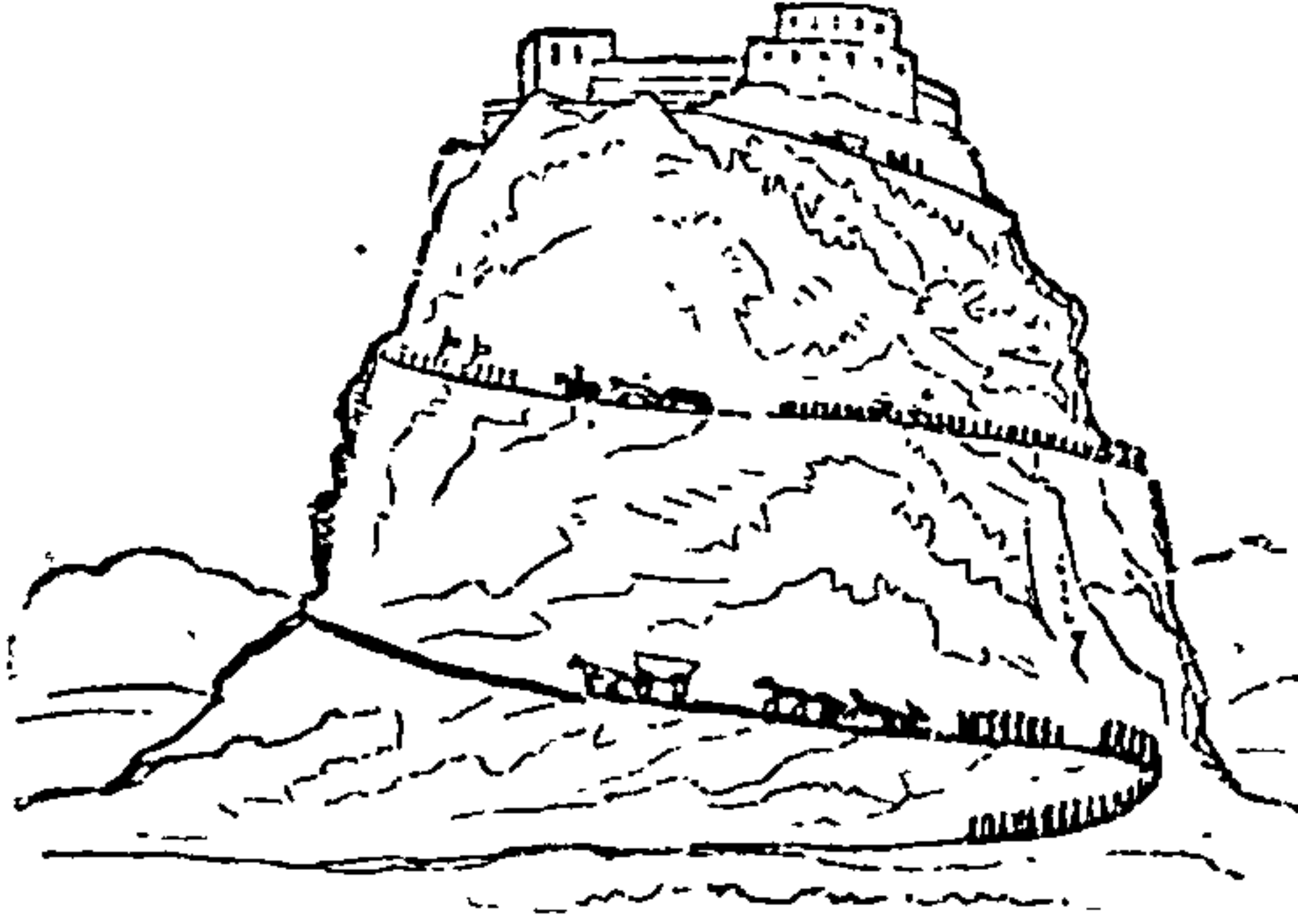
जर एक उतरण ६४ फुटी उंच आणि ६४ चे तिप्पट ह्यणजे १९२ फुटी लांब आहे, तर तिजवरून सोडलेला गोल ६ सेकंदांत बुंधाशीं येईल; कारण गुरुत्वाचा योगानें तो पहिले सेकंदांत १६ फुटींतून जातो, त्यास २ होंचा वर्ग ह्यणजे ४ यांणीं गुणिलें असतां गुणाकार ६४ होतो, तो उंचीवरोबर आहे, यावरून त्यास उतरणीचा उंचीवरून पडण्यास २ सेकंद लागतील, परंतु उतरणीची लांबी तिचा उंचीचे तिप्पट आहे यावरून त्या लांबीवरून खालीं येण्यासही तिप्पट सेकंद ह्यणजे ६ सेकंद लागतील!

उतरणी अथवा उतरत्या टेंकड्या यांचा शक्तीचें परिमाण सर्व पक्षांत या पुढील प्रमाणरीतीवरून काढितां येईल; उदाहरण, जी उतरण १५ फुटी लांबींत ६ फुटी चढत्ये, तिजवर ३७५ शेरांचें वजन तोलून धरण्यास

किती शक्ति लागेल हें जागायाचें असेल, तर प्रमाण याप्रमाणें होईल; जशा १५ फुटी : ६ फुटी :: ३७५ शेर चवथ्या पदास ह्यगजे, १५० शेरांस होतील, हें इच्छिलें उत्तर आहे. या वर आलेल्या शक्तीने वरचा सारिख्या उतरणीवर किती वजन उचलितं येईल, याची गणना करायाची असेल, तर प्रमाण उलटें होईल; जसें, ६ फुटी : १५ फुटी :: १५० शेर : ३७५ शेरांस ; सर्व सरूप आकृति त्रिकोणांत जें प्रमाण असतें, त्यावरून जा टेंकडीची अथवा उतरणीची सपाटी सारिखी आहे, तिचा शक्तीची गणना करण्यासाठीं, टेंकडीचा अथवा उतरणीचा कांहीं अंश घेतला तरी चालेल; कारण १२७ व्या आकृतींत अ व सपाटीचा लांबीचा अर्धावरोवर अ क वाजू आहे, ह्यगून व प रेघ व व रेघेचे अर्धावरोवर होईल. यावरून उतरणीची शक्ति काढण्यासाठीं तिचा लहान किंवा मोठा भाग घ्यावा, आणि त्या भागांत जितका चढाव असेल तो मात्र गणनेंत आगावा; समपातळी मापण्याचीं यंत्रें असतात, त्यांचा योगानें टेंकड्यांचा चढाव चांगला काढितां येतो.

दुसऱ्या यंत्रांचा योगानें मोठीं वजनें उचलण्यांत सहाय होण्यासाठीं तयार केलेल्या उतरणी कामांत आणितात; ईजिप्तदेशांतिल पिरमिड आणि त्या सारिख्या दुसऱ्या पुरातन मोठ्या इमारतींचा कामांत, जे मोठाले दगड आणिले आहेत, ते मातीचा अथवा लांकडाचा उतरणी करून त्यांवरून वाटोळ्या लाटा आणि उच्चालक यांचा सहायानें वर चढविलेले असावे. जी टेंकडी फार उभी असत्ये ति-

चावर सहज चढवत नाहीं, याजकरितां तिचा भोंवतालीं



प्रदक्षिणा-  
रूप वाटो-  
ळा अथ-  
वा नागमो-  
डी रस्ता-  
करितात.  
वाजूसरील  
आकृति पा-

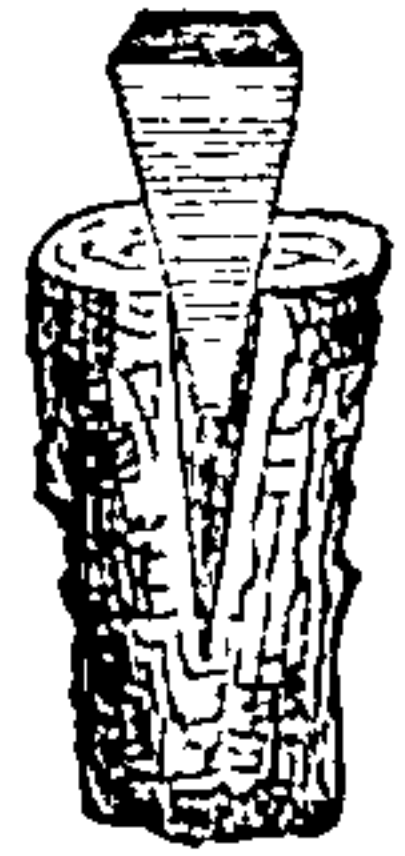
हा; - डोंगरावरचा रस्त्यावरून ओझें ओढणाऱ्या घोड्यास रस्त्यानें समोर नेऊं नये, रस्त्याचा एका वाजूसवरून दुसऱ्या वाजूस नेत नेत वर चढावें, तेंणेंकरून घोड्यावर जो ताण येतो तो पुष्कळ कमी होतो. सर्व प्रकारचे जिने उतरणी आहेत, आणि त्या उतरणींवर चढतांना पाय ठेवण्यास चांगलें ठिकाण असावें ह्यांणून सपाटस्थळें ह्यांणजे पायऱ्या करितात. मोठीं गलवतें समुद्रांत लोटण्यासाठीं अथवा जमीनीवर घेण्यासाठीं उतरणी केलेल्या असतात.

## अध्याय ११.

### पाचर.

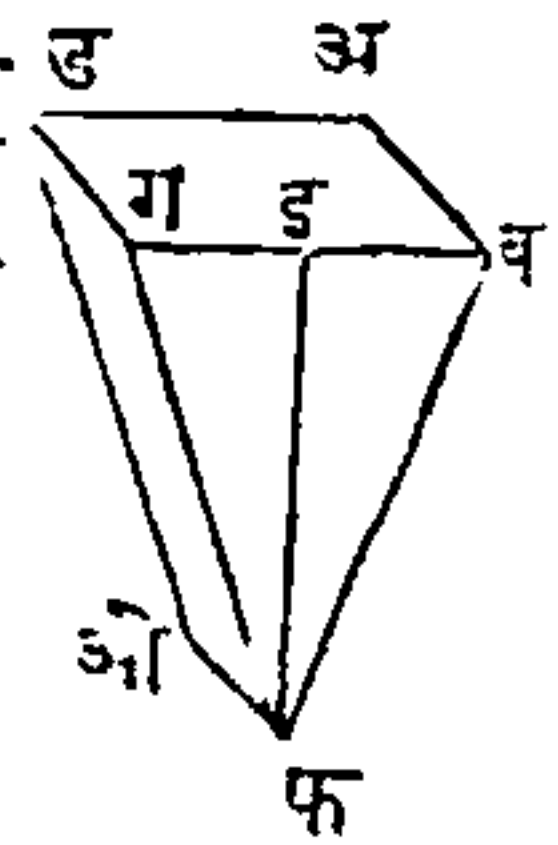
गणिताचा भाषेत पाचरेत त्रिकोण त्रिज्जम लग-  
तात ; पाचर लांकडाची लोखंडाची अथवा दुसऱ्या कांहीं  
धातूची भरीवि असते, आणि तिचा उपयोग सामान्यतः  
लांकूड चिरण्यांत करितात, लांकुडांत पूर्वी चीर के-  
लेली असत्ये, त्यांत पाचर घालून (आकृति १३१.

१३१) तिचा डोक्यावर हातोडा अथवा सोगर  
यांचा लंबरूप आघातानें तीस लांकुडांत सा-  
रितात. वाजूरील १३२ व्या आकृतींत पा-  
चरेचा अ ब ग ड डोक्याची सर्व जाडी अ ड  
आहे, आणि प्रेरणेची योजना त्याच उकारांनीं  
घडत्ये ; इ फ पाचरेची उंची, व फ पाचरेचा



एका वाजूची लांबी, आणि फ ओ पाचरेची आकृति १३२.

धार आहे. १३२ व्या आकृतींत जी पाचर  
दाखविली आहे, तिजपेक्षां १३१ व्या आकृ-  
तींतील पाचर दोन पदार्थांमध्ये सहज जाईल ;  
परंतु जी पाचर मोठ्या प्रयासानें जात्ये, तिज-  
पेक्षां या पाचरेचा योगानें पदार्थ कमी चिरेल



हें स्पष्ट आहे. १३१ व्या आकृतींतिल लहान पाचरेपा-  
सून थोडकें फळ होतें, परंतु तिला थोडा प्रतिबंध प्राप्त  
होतो ; आणि १३२ व्या आकृतींतिल मोठ्या पाचरेपा-  
सून मोठें फळ होईल, परंतु तिला प्रतिबंधही मोठा प्राप्त



होईल. पाचरेचे यांत्रिक सामर्थ्याची गणना करितांना ही पुढील रीति कामांत आगितात. पाचरेचा डोक्याची रुंदी जशी पाचरेचा एका बाजूस प्रमाण, तशी शक्ति पाचरेचा एका बाजूचा प्रतिबंधास प्रमाण होईल; पाचर आणि तिला जो प्रतिबंध होतो, या दोहों मधील प्रमाणाची गणना बरोबर करण्यास फार कठीण; कारण शक्ति ह्मणजे जे टोले मारितात ते, त्यांची संख्या आणि प्रतिबंधाचा जातीचे भेद हीं सर्व गणना करण्याचीं साधनें आहेत; उदाहरण, नरम देवदारी लांकडापेक्षां चिंबट खैराचें अथवा वाभळीचें लांकूड चिरण्यास अधिक शक्ति लागते. मोठ्या उतराचा उतरणीवरून जड पदार्थ वर लोटण्यास जसा फार श्रम पडतो, त्याचप्रमाणें मोठ्या कोनाचा पाचरेस पुढें लोटायास फार शक्ति लागते. जरी पाचरेचा कोनाचें माप दिलें असलें आणि प्रत्येक टोल्याचा सामर्थ्याची गणना करितां आली, तरी सामान्य पक्षां पाचरेचा यांत्रिक शक्तीची गणना करण्यास कठीण. लांकूड, दगड इत्यादि पदार्थ चिरतांना त्यांचे चिरलेले भाग उच्चालकासारिखे होऊन, पाचरेचा जाण्यास मार्ग करितात, तेणेंकरून पाचरेची शक्ति अवश्य वाढते. पाचरेचा शास्त्रार्थास गणितरूप विचार फार लागतो, आणि तो व्यवहारांत अनुभवास येत नाही, ह्मणून तो येथें लिहिला नाही.

व्यवहारांत जितक्या तऱ्हांनीं या यंत्राची योजना आहे, त्यापेक्षां अधिक तऱ्हांनीं दुसऱ्या कोणत्याही यंत्राची यो-

जना नाही. विंधगी, खिले, सुया, कुन्हाडी, तरवारा इत्यादि हातेरांस पाचरेचा मूळ आधार आहे, जेव्हां इतर मूळ यंत्रे लागू पडत नाहीत, तेव्हां पाचरेचा उपयोग अनेक प्रकारांनीं करितात. पाचरेचा प्रेरणा मुख्यत्वेकरून टोल्यांनीं घडत्ये हे वरचा गोष्टीचें कारण आहे; उच्चालकावर भार घालण्यापेक्षां एकाद्या टोल्याचा वेगाघात फार अधिक असतो. पाचरेची शक्ति अतिशय असत्ये हे दाखविण्यासाठीं अनुभविक उदाहरण लिहितों. मोठालीं गलबते सुक्या जमीनीवर असतात, त्यांचा बुंधाखालीं पाचरा ठोकल्याने तीं सहज उच्चलितां येतात. उंच दिपमाळा अथवा इमारती जमीनीचा ओलेपणामुळे एक वाजूस तेलतात, त्यांचा त्या वाजूस पाचरा ठोकून त्यांस सरळ करितात. पाचरेचा उपयोग दगड सोडविण्यांत करितात; कारण उच्चालक, आंसासखिललेलेचाक, अथवा कप्पी यांचाने हे कृत्य होण्यास अशक्य; धक्का अथवा टोला यांचा योगाने दगडाचे डकलेले अवयव हलतात आणि तेणेकरून ते सहज निराळे होतात. मैसूरचा राज्यांतिल संगमरवरो दगड अथवा जा प्रांतांत मोठ्या जांत्याचे दगड निघतात, ते सोडवितांना दगडांचा वाजूस भोंकें करून त्यांत सुख्या लांकडाचा पाचरा मारितात; नंतर जमीनीचा ओलेपणामुळे अथवा वर पाणी घालून त्या पाचरा फुगवितात, तेणेकरून एक किंवा दोन दिवसांत सगळा दगड फुटल्यावांचून सुटतो. घरे बांधणारे परांचा बांधिलेसमयीं दोर अडच होण्याकरितां परांचीचे वांसे आणि त्यांस बांधलेले दोर यांमध्ये पाचरा मारितात.

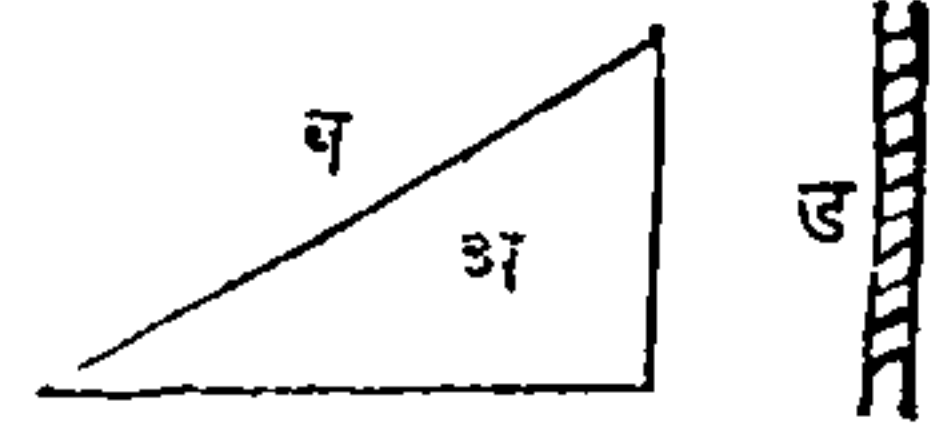
जेव्हां कांहीं वस्तु चाकूनें चिरतात, तेव्हां तो पाचरेसारिखा आहे असें मानितां येईल; परंतु जर सूक्ष्मदर्शक यंत्रानें चाकूची धार पाहिली, तर ती दारोक करवतीसारिखी आहे असें दिसेल, आणि अनुभवासही तशीच गोष्ट येते, ह्मणजे जो पदार्थ चिरायान्चा असतो त्याजवर चाकूचा धारेनें पाचरेप्रमाणें व्यापार केला, तर जें फळ दिसून येतें, त्याजपेक्षां, त्या पदार्थावर चाकू घांसला असतां अधिक फळ होतें.

मोठाले लोखंडाचे आणि तांब्याचे खिले ठोकल्यानें आणि नुसत्या भारानें किती जातात, याविषयीं पोर्तस्मौथ येथील गोदांत जे प्रत्यक्ष प्रयोग केले आहेत, त्यांवरून असें दिसून आले आहे कीं, जा हातोड्याचा दांडा ४४ इंच लांब आणि त्याचे वजन २७ शेर आहे, त्याचा योगानें सामान्य पक्ष वळकट मनुष्य, एक जाडा खिळा प्रत्येक टोब्यास एक अष्टमांश इंच लांकडांत घालवितो; आणि जर त्या खिळ्यावर सुमारें ४२८ खंडांचें वजन ठेविलें, तर तो तितकाच आंत जाईल; परंतु हें वजन किंचित् वाढविलें असतां तो खिळा अगदीं आंत जाईल.

## अध्याय १२.

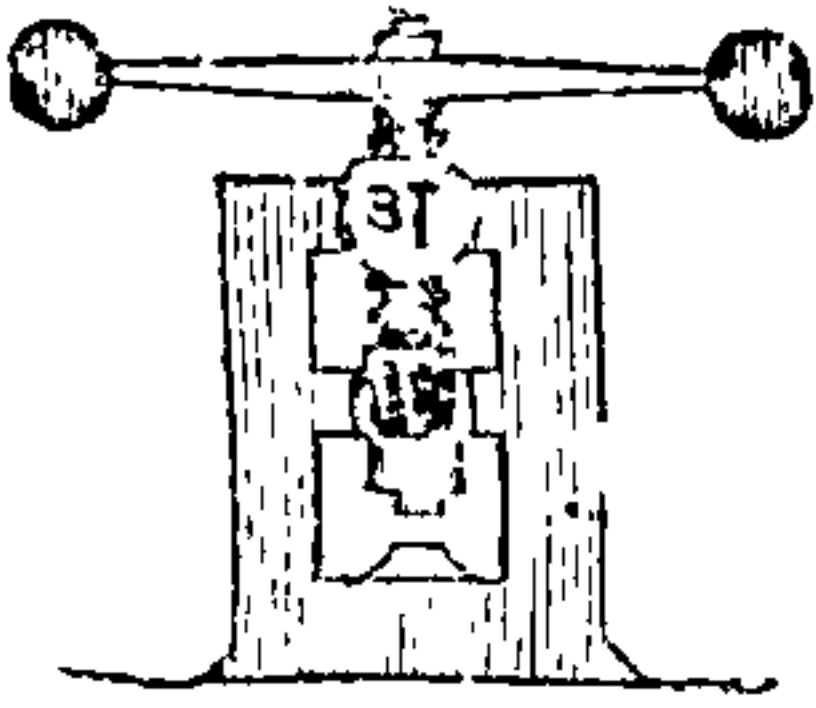
### मलसूत्र.

खरें ह्मटलें असतां मलसूत्र हें सावें यंत्र नव्हे; कारण त्यास फिरविण्यास दांडा अथवा उच्चालक असल्यावांचून, त्याचा उपयोग करवा नाही; दांड्याचा उपयोग केल्यावर पदार्थ दावण्याविषयीं अथवा मोठीं वजन उचलण्याविषयीं तें मोठ्या सामर्थ्याचें मिश्र यंत्र होतें. उतरगीचा रूपनेद मलसूत्र आहे, हें समजण्याकरितां अ कागदाचा तुकडा, १३३ व्या आकृतीप्रमाणें उतरगीचा आकारासारखा कापावा, आणि तो ड दांड्यास गुंडाळावा, ह्मणजे त्याची व धार मलसूत्राचें सर्पाकृति सूत्र दाखविल. तो कागद दांड्यानें वरिं असतां त्याचा आकार १३४ वी आकृति दाखवित्ये. उतरग आणि पाचर यांत, वजन अथवा प्रतिबंध यांस त्यांचा सपाटीवर ठेवितात, त्याप्रमाणें मलसूत्राची योजना करित्ये समयीं, त्याचा सपाटीवर ह्मणजे सूत्रावर वजन अथवा प्रतिबंध ठेवित नाहीत. शक्तीचा व्यापार दुसऱ्या एका मलसूत्राचा योगाने लागू होतो, त्यास फिरकी अथवा चाकी ह्मणतात, आणि त्यांतून हें मुख्य मलसूत्र फिरतें. चाकी ह्मणजे एक पोकळ वाटोळी नळी असत्ये, तिचा आतील बाजूत सर्पाकृति चीर असत्ये, तींत मुख्य मलसूत्राचें सूत्र दरोवर बसतें.

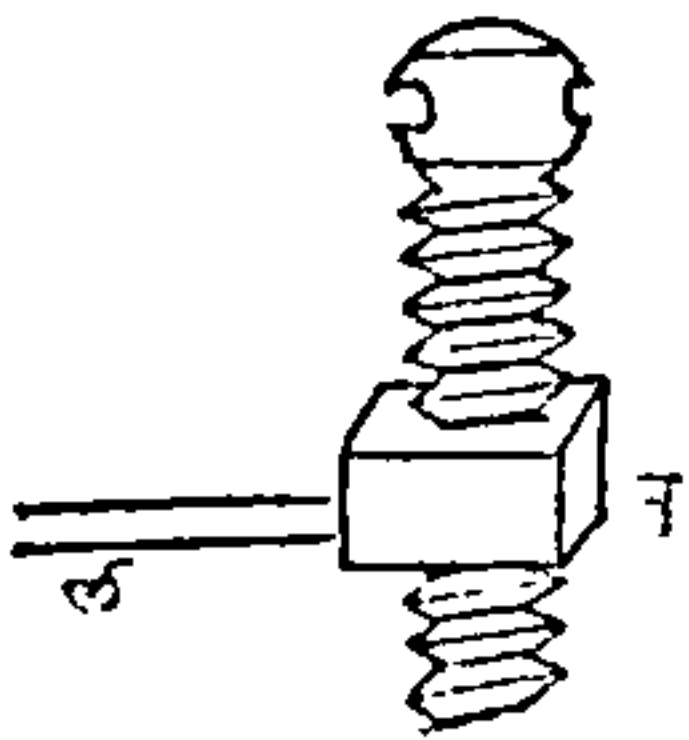


या यंत्राचा योगाने शक्तीचा व्यापार प्रतिबंधावर लागू होण्यासाठी, मळसूत्र किंवा त्याची चाकी यांतून कोणतेही एक अचर असले पाहिजे. जर चाकी अचर असली, तर मळसूत्राचा एका टोंकांत जो उचालक घातला असतो, त्यागे ते मळसूत्र शेवटास जाईपर्यंत फिरविले पाहिजे; आणि जर मळसूत्र अचर असले, तर त्याचा

आकृति १३५.



आकृति १३६.



एक शेवटापासून दुसऱ्या शेवटाशीं येईपर्यंत, ती चाकी उचालकाने फिरविली पाहिजे. १३५ व्या आकृतींत अ चाकी अचर आहे असे दाखविले आहे. जर मळसूत्र सुलटे फिरविले तर ते खाली जाते असे दिसेल, परंतु चाकी स्थिर राहिल. १३६ व्या आकृतींत मळसूत्र अचर आहे असे दाखविले आहे; त्याची न चाकी ल उचालकाने डाव्येकडून उजव्येकडे फिरविली असता ती मळसूत्रावरून खाली येईल. मळसू-

त्रापासून जो नफा होतो त्याची गणना करित्ये सभ्यां दोन गोष्टींचा विचार केला पाहिजे, प्रथम, जा दांड्यावर मळसूत्र केले असते त्याचा परिघ आणि त्या मळसूत्रांमधील अंतर. मळसूत्राचा एका फेऱ्यापासून दुसऱ्या फेऱ्यापर्यंत वजन अथवा प्रतिबंध जाण्याचा पूर्वी, मळसूत्राचा दांडा एक वेळ फिरविला पाहिजे हे उघड आहे; ह्मणून मळसूत्र फिरविणारा दांडा फिरविण्याने जें वर्तुळ होतें,



## मळसूत्र.

त्याचा परिघ, मळसूत्राचा सूत्रांतील अंतरापेक्षां जितका मोठा असेल तितकी मळसूत्राची शक्ति अधिक होईल.

यावरून असे दिसते कीं फिरविण्याचा दांडा जितका लांब असेल आणि मळसूत्राची सूत्रे जितकीं अतिजवळ असतील, तितकी त्या मळसूत्राची शक्ति अधिक होईल; ह्मणून या यंत्राचे यांत्रिक सामर्थ्य वाढविण्यासाठीं जा उचालकानें शक्ति लागू होये त्याची लांबी वाढवावी, अथवा सूत्रांमधील अंतर कमी करावें. उदाहरण, सारख्या परिघाचा दांड्याचीं दोन मळसूत्रे आहेत, त्यांत जर एकाचे सूत्रांमधील अंतर १ इंच आणि दुसऱ्याचे सूत्रांमधील अंतर ३ इंच असेल तर, उतरणीचा मूळ कारणाचा विचार केल्यानें असे दिसेल, कीं जा मळसूत्राचा सूत्रांचें अंतर ३ इंच आहे, त्यापेक्षां जाचे सूत्रांचें अंतर १ इंच आहे त्यापासून तिप्पट नफा होईल. जर दोन उतरणीची उंची सारखीच आहे, परंतु त्यांतून एका उतरणीचा पायाचा तिप्पट दुसऱ्याचा पाया आहे, तर लांब पायाचा उतरणीपासून जो यांत्रिक नफा होईल, तो दुसऱ्याचा नफ्याचा तिप्पट होईल. परंतु त्या उतरणीचा उंचीवर पंचण्यास तितका काळ अधिक लागेल हे पूर्वी दाखविलें आहे. कांहीं अवकाशांतून जाण्यास ३ इंच सूत्रांतराचा मळसूत्रास जितक्या वेळा फिरावें लागेल, त्याचा तिप्पट वेळा १ इंच सूत्रांतराचा मळसूत्रास त्याच स्थळांतून जाण्यास फिरावें लागेल, असें वरची गोष्ट मळसूत्रास लागू केल्यानें दिसेल. यावरून जा स्थळांतून गमन घडतें अथवा जो काळाचा तोटा होतो,

तो नफ्याशीं प्रमाणांत असतो; यावरून ३ इंच सूत्रांतराचा मळसूत्रापासून जो नफा होतो, त्याचा त्रिपट नफा १ इंच सूत्रांतराचा मळसूत्रापासून होईल.—

उच्चालक न लावलेल्या नुसत्या मळसूत्राचें सामर्थ्य या पुढील रीतीनीं काढितां येईल. मळसूत्राचा परिघास, जसें सूत्रांचा मधील अंतर प्रमाग, तसें शक्तीस वजन होईल. परंतु उच्चालकाशिवाय या यंत्राचा क्वचित् उपयोग करितात, ह्मणून उच्चालकाचा दाहेरील टोंकाचा फिरण्यानें जो परिघ होतो त्यास मळसूत्राचा परिघाचा ठिकाणीं घेतात. मळसूत्र आणि उच्चालक यांचा संयोग झाला असतां मळसूत्राचा खऱ्या शक्तीची गगना करण्याची असल्यास, उच्चालकाचा फिरण्यानें जें वर्तुळ होतें त्याचा परिघास शक्तीनें गुणावें, यावरून, शक्ति आणि तिचा फिरण्याचा परिघ यांचा गुणाकार, आणि वजन अथवा प्रतिबंध आणि दोन सूत्रांमधील अंतर यांचा गुणाकार, हे दोनही दरोवर होतात.

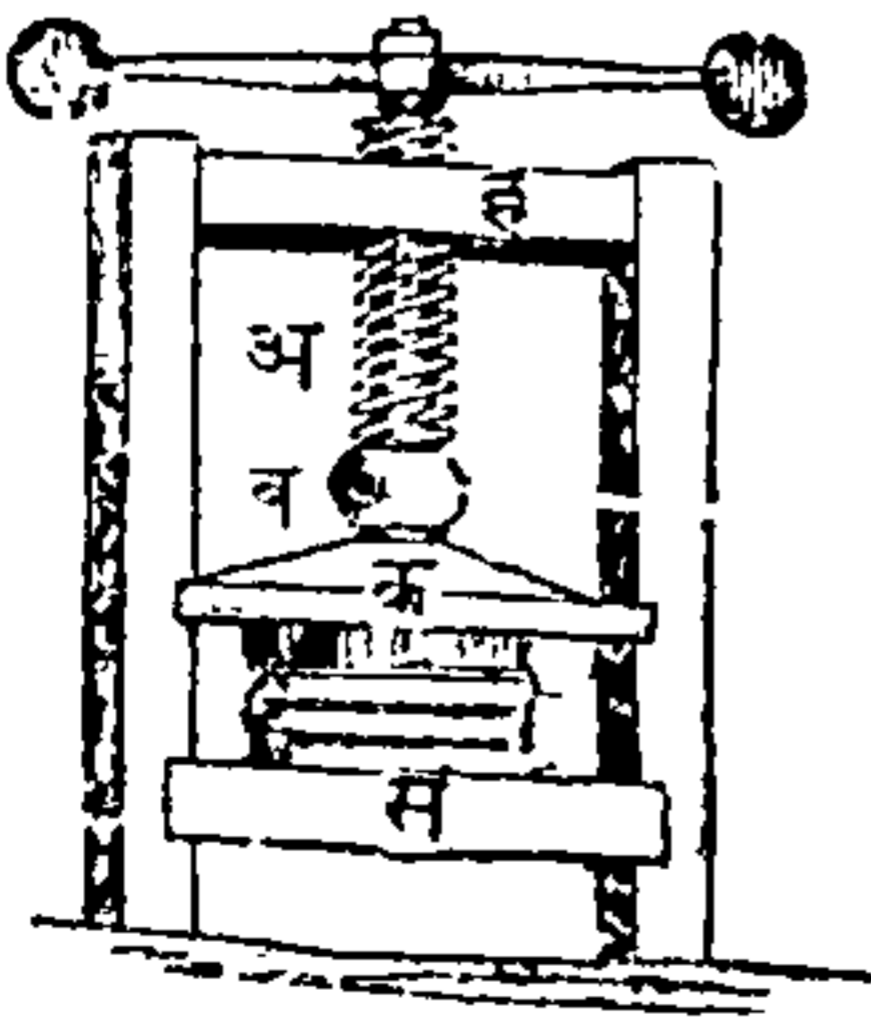
यावरून जर मळसूत्रास जोडिलेल्या उच्चालकाची लांबी, मळसूत्राचा सूत्रांमधील अंतर, आणि उच्चालकाचें वजन हीं ठाऊक असलीं, तर शक्ति किती लागेल याची गगना करितां येईल; अथवा एकादें मळसूत्र किती वजन उचलतील हें जागावयाचें असेल, तर शक्ति, सूत्रांमधील अंतर, आणि उच्चालकाची लांबी यांचा ठराव प्रथम केला पाहिजे. जा मळसूत्राचा सूत्रांमधील अंतर अर्ब इंच आहे, आणि त्यास लाविलेल्या उच्चालकाची लांबी ६ फुटी आहे, यावरून त्या मळसूत्रानें किती नफा होतो याची गगना

करितों. जर वर्तुळाचा परिघ काढण्याकरितां, त्याची त्रिज्या दिली असेल, तर त्या त्रिज्येस ६ नीं गुणावें, कारण वर्तुळाचा त्रिज्येचे ६ पटीपेक्षां त्याचा परिघ कांहींसा मोठा असतो, परंतु हें प्रमाण व्यवहारी कामास पुरेसें होतें, ह्मणून तो परिघ त्रिज्येचे ६ पट हेंच प्रमाण येथें घेतलें आहे. वर सांगितलेला उच्चालक ६ फुटी आहे, ह्मणून त्याचा फिरण्यानें जें वर्तुळ होतें त्याचा परिघ ६ फुटींस ६ नीं गुणिलें इतक्या बरोबर, ह्मणजे ३६ फुटी अथवा ४३२ इंच आहे. परंतु एक फेऱ्यांत मळसूत्र अर्ध इंच मात्र वर चढतें, यावरून वजनाचा गमनस्थळाचा ८६४ पट फिरविणाऱ्या शक्तीचें गमनस्थळ होईल ; यामुळे या मळसूत्रापासून ८६४ नफा होईल; अथवा उच्चालकास १ शेर लागू केला असतां, मळसूत्राशीं ८६४ शेर तोलितां येतील. यावरून असा निश्चय होतो, कीं मळसूत्राचा यांत्रिक सामर्थ्याची वृद्धि करण्याचे दोन मार्ग आहेत; जा उच्चालकानें मळसूत्र फिरवितात त्याची लांबी वाढविल्यानें; अथवा त्याचा सूत्रांमधील अंतर कमी केल्यानें. आतां अशी कल्पना करावी कीं मळसूत्राचीं सूत्रे इतकीं बारीक आहेत कीं त्यांतून कोणत्याही दोहोंमधील अंतर पाव इंच आहे, आणि त्या मळसूत्रास फिरविणाऱ्या उच्चालकाची लांबी १० फुटी ह्मणजे १२० इंच आहे, या उच्चालकाचा फिरण्यानें जें वर्तुळ होईल, त्याचा परिघ  $१० \times ६ = ६०$  फुटी, ह्मणजे ७२० इंच, ह्मणजे २८८० पाव इंच आहे. आणि मळसूत्राची उंची पाव इंच आहे, ह्मणून वजनाचा गमनस्थळाचा २८८० पट स्थळांतून

शक्तीचें गमन होईल; यावरून उच्चालकाचा शैवटाशीं १ शेराची शक्ति लागू केली असतां २८८० शेर उच्चलितां येतील. मळसूत्राचा भागांचें घर्षण इतकें आहे कीं शास्त्रार्थाप्रमाणें जें त्याचें फळ व्हावें, त्यापेक्षां व्यवहारांत फार थोडें दिसून येतें, ही गोष्ट येथें सांगितली पाहिजे; कारण यंत्राचें घर्षण नाहींसं करण्यासाठीं सर्व शक्तीचा एक तृतीयांश मिळवावा लागतो.

मोठा भार उत्पन्न व्हावा व त्या भाराची क्रिया सारिखा व्हावी, आणि तो भारही तसाच राहावा याविषयीं सर्व मूळयंत्रांत मळसूत्रावांचून दुसरें चांगलें साधन नाहीं; कारण उच्चालकाची क्रिया निरंतर बदलत जात्ये, आणि त्यापासून जो भार उत्पन्न होतो, तो कालांतरानें घडतो; परंतु मळसूत्राचा व्यापार सर्वदा सारिखा एकाच दिशेंत घडतो, आणि तो कधींही बदलत नाहीं.

आकृति १३७.

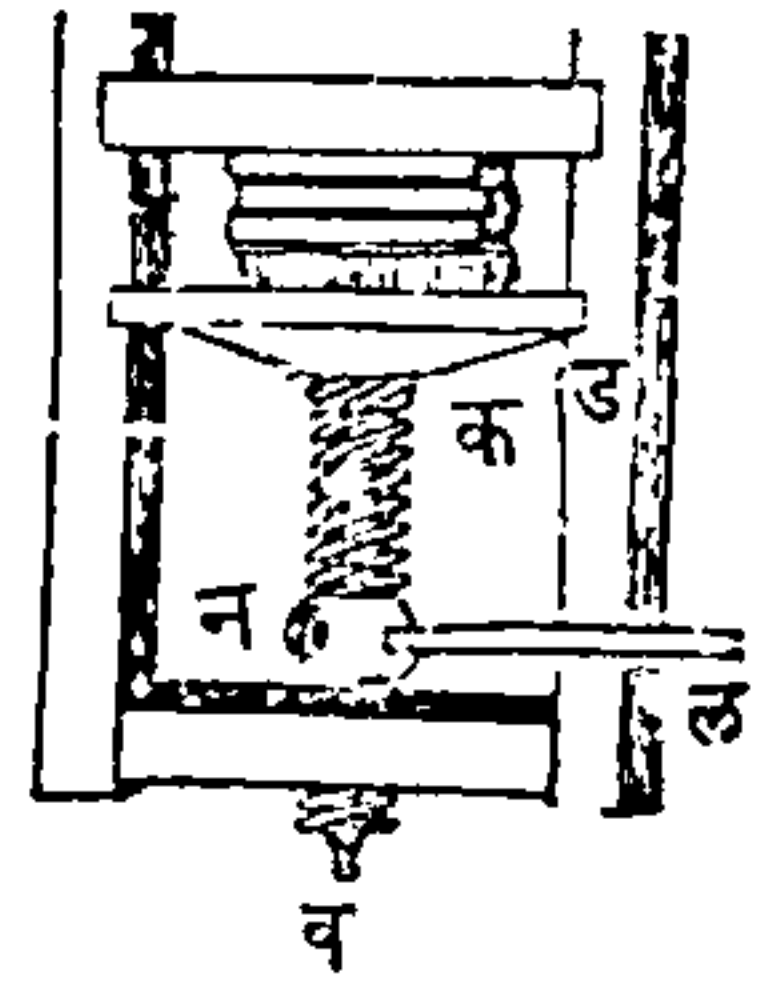


वाजूवरील १३७ वी आकृति स्थिर चापणी आहे, ती चापणी बुकें बांधणारे बुकें दावण्याकरितां कामांत घेतात; आणि मळसूत्रानें मोठा भार उत्पन्न होतो हें दाखविण्याचें हें चांगलें उदाहरण आहे.

मळसूत्राचा टोंकावर जो आडवा उच्चालक बसविला आहे त्याणें तें मळसूत्र फिरवितात; त्याचा खालचा टोंकास क फळें बसविलें आहे, त्याचा योगानें भार घालितात; ह्मणून जेव्हां मळसूत्र

एका वाजूनै फिरवितात तेव्हां स फळ्यावर जीं बुकें असतात त्यांवर भार पडतो, आणि तेंच मळसूत्र दुसऱ्या वाजूनै फिरविलें, तर तो भार नाहीसा होतो. या पक्षांत चाकीचा ठिकाणीं ह आडवें लांकूड आहे, आणि तें स्थिर आहे ह्यापून चाकी स्थिर आहे. पुढील १३८ व्या आकृतींत मळसूत्र स्थिर आहे आणि चाकी फिरले. यंत्राचा चवकटीमध्ये ड फळें खालींवर होतें, आणि त्यास क व मळसूत्र खालींवर करितें ; क व मळसूत्र खालींवर होतें, परंतु वाटोळें फिरत नाहीं. न चाकी ल उचालकानें फिरले, आणि ती वाटोळी मात्र फिरले, मळसूत्राबरोबर खालीं वर जात नाहीं. चाकीस एक पूर्ण वेढा दिला असतां, मळसूत्राचा जवळ जवळचा दोन सूत्रांमधील अंतराइतक्या स्थळांतून मळसूत्र खालीं किंवा वर होतें.

आकृति १३८.



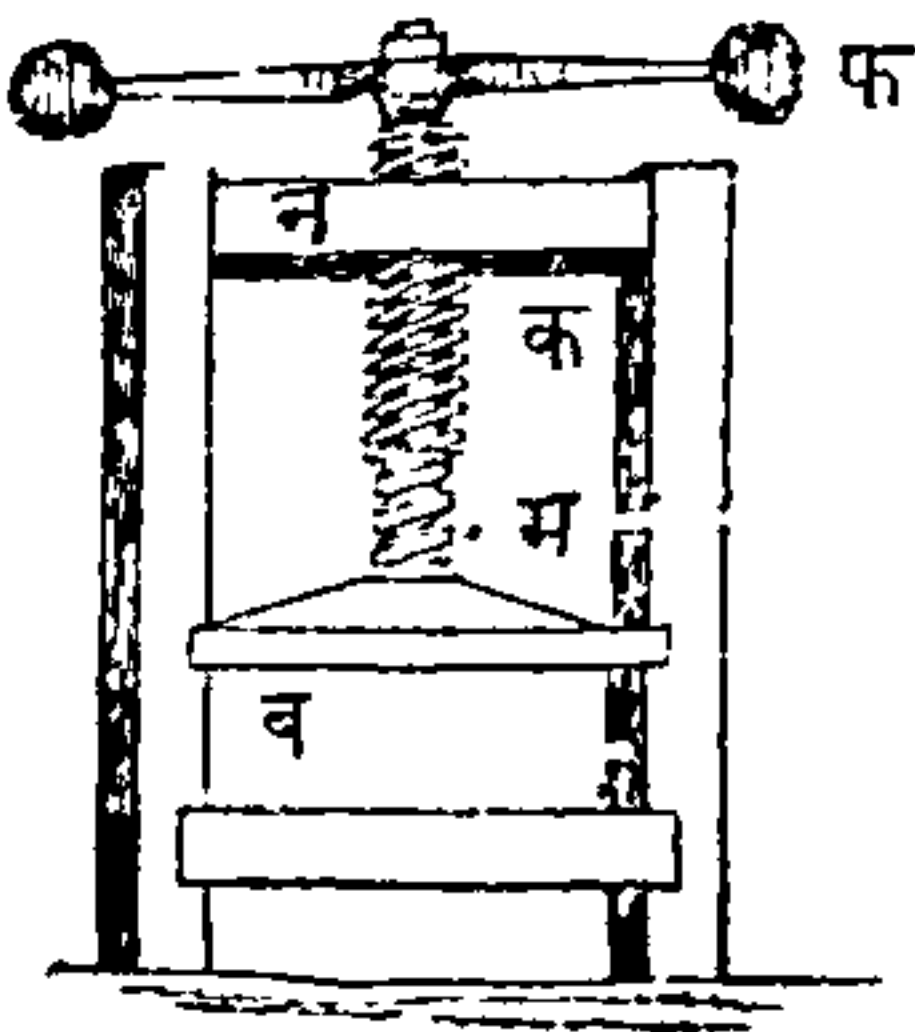
शक्तीचा फिरण्यानें जें वर्तुळ होतें, त्याचा परिघ आणि मळसूत्राचा जवळ जवळचा दोन सूत्रांमधील अंतर, यांत जें प्रमाण असतें, त्यावरून कांहीं दिलेल्या शक्तीनें मळसूत्रांत किती वजन उचलण्याचें सामर्थ्य आहे हें कळतें असें पूर्वाच अंगिकृत जावरून जा उचालकाचा योगानें शक्ति लक्ष्य होत्ये, त्याची लांबी वाढविली असतां, अथवा मळसूत्राची सूत्रे वारोक्त करून जवळ जवळ केली असतां, मळसूत्राचा यांत्रिक स्वार्थाची वृद्धि करितां येईल हें उघड आहे. या दोन उपायांनीं यां-



त्रिक स्वार्थाची वृद्धि करण्यास शास्त्रीत्या जरी मर्यादा नाही, तथापि व्यवहारांत उच्चालकाची लांबी वाढविल्याने बहुधा अडचणी येतात; कारण त्या उच्चालकाचा टोंकावर शक्ति लागू होऊन तिला फिरण्यास जें स्थळ पाहिजे, तें फारच मोठें पडेल आणि दुसऱ्या तऱ्हेने पाहिलें ह्मणजे जर मळसूत्राचीं सूत्रे वारीक केलीं, तर त्यांचा आंगीं इच्छिलें वजन धरण्याचें सामर्थ्य राहणार नाही.

१२५ पृष्ठावर जो आंसास खिळलेल्ये चाकाचा प्रकार सांगितला, त्यांत लहान प्रेरणेनें मोठी प्रेरणा संभाळिली जावी ह्मणून आंसाचा एक भाग दुसऱ्या पेक्षां जाडा केला आहे; त्याच कारणावरून वरची अडचण चुकविण्यासाठीं हंतर साहेबानें एक कुशळतेची युक्ति काढिली आहे. या कल्पनेंत दोन मळसूत्रे असतात, त्यांतून एक दुसऱ्याचा आंत फिरते. जा दोन निरनिराळ्या मळसूत्रांपासून हें मळसूत्र झालें असतें, त्यांचा सूत्रांचा अंतरावरून याचा यांत्रिक सामर्थ्याचा विचार होत नाही, परंतु त्या दोन अंतरांचे वजावाकीवरून घडतो. यावरून जर त्या दोन

आकृति १३९.



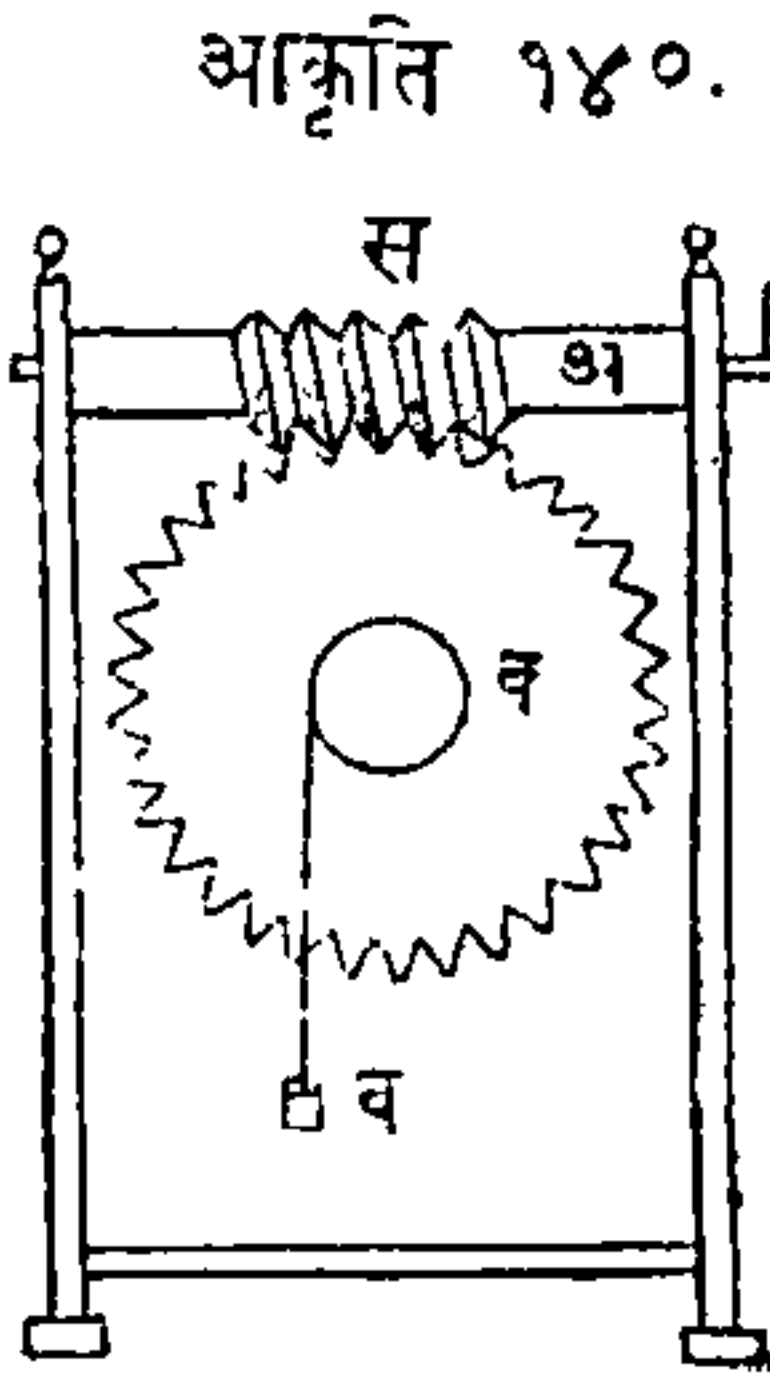
मळसूत्रांचा सूत्रांचा जाडींत फार अंतर नसलें, तर त्या सूत्रांस पाहिजे तितकी बळकटी वजाडी देतां येईल. १३९ वी आकृति तशा मळसूत्राची आहे. क मोठें मळसूत्र, न स्थिर चाकींत फिरतें. हें मोठें मळसूत्र पोकळ असतें, त्याचा आंतिल भाग चाकीप्रमाणें

असतो, आणि त्या चाकीचीं सूत्रें म मळसूत्राचा सूत्रांशीं मिळतीं असतात; भार घालण्याची व फळी जी खालीं वर होये, तीस हें धाकटें मळसूत्र बसविलेलें असतें. मळसूत्राचा प्रत्येक फेन्यानें क पोकळ मळसूत्र आपल्या जवळ जवळचा दोन सूत्रांचा अंतराइतक्या स्थळांतून खालीं जातें. म भरिव मळसूत्र आपल्या सूत्रांचा अंतराइतक्या स्थळांतून वर चढतें; यावरून व फळी आणि तीस बसविलेलें म मळसूत्र हीं, दोन मळसूत्रांचा सूत्रांतील अंतराइतक्या स्थळांतून खालीं जातात. हा परिणाम उभयतांचा एकत्रव्यापारापासून घडतो. जर या दोन मळसूत्रांचीं सूत्रें अगदीं सारिखीं असलीं आणि जर फ उच्चालकास कांहीं शक्ति लागू करून क मळसूत्र फिरविलें, तर व फळें आपल्या ठिकाणांच राहिल; कारण लहान मळसूत्र जितकें वर येतें, तितकेंच मोठें मळसूत्र खालीं जातें. परंतु जर मोठ्या क मळसूत्राचा सूत्रांतील अंतरापेक्षां धाकट्या म मळसूत्राचा सूत्रांतील अंतर लहान असेल, तर, क मळसूत्राचा दोन सूत्रांतील अंतर आणि म मळसूत्राचा दोन सूत्रांतील अंतर, या दोहोंचा अंतराइतक्या स्थळांतून फ उच्चालकाचा एक फेन्यानें व फळें खालीं जाईल. यावरून जा साव्या मळसूत्राचे सूत्रांतील अंतर, अशा दोन मळसूत्रांचे सूत्रांतील अंतरांचे वजाबाकी वरोवर आहे, त्या मळसूत्राचे फळावरोवर या जोड मळसूत्राचे फळ होईल हें उघड आहे; आणि यामुळे दोन मळसूत्रांचे सूत्रांतील अंतरांचे वजाबाकीस जसा फ स्थळांच शक्तीचे फिरण्याचा परिघ प्रमाण,

तशी शक्ति वजनास प्रमाण होईल. वरचा सर्व वर्णना-  
वरून असे लक्षांत येईल कीं या यंत्रांतील दोन मळसूत्रां-  
चा अंतरांची वजावाकी कमी केल्यानें याचा यांत्रिक  
स्वार्थ वाढवितां येईल.

कधीं कधीं मळसूत्राचा सूत्राची योजना चाकी पुढें  
लोटण्याविषयीं नसत्ये, त्याची योजना १४० व्या आकृ-  
तींत दाखविल्याप्रमाणें चाकाचा दांत्यावर केलेली असत्ये.

या पक्षांत मळसूत्रास अनंतमळ-  
सूत्र ह्मणतात, कारण त्याचा व्या-  
सूत्र ह्मणतात, कारण त्याचा व्या-  
पार चाकावर अमर्याद काळपर्यंत  
करितां येतो. या यंत्रांत दोन मूळ  
यंत्रांचा संयोग आहे, एक मळसूत्र  
आणि दुसरें आंसासखिळलेलें  
चाक. आडव्या अ दांड्यावर स  
मळसूत्र आहे असें मनांत आण,  
आणि तें व चाकाचा दांत्यांत लागू



केलें आहे. आणि प फिरविण्याचा दांड आहे, त्यास  
शक्ति लावितात. यांत मळसूत्राचा कोणत्याही दोन  
सूत्रांमधील अंतर, चाकाचा कोणत्याही दोन दांत्यांचा  
अंतरावरोवर मिळालें पाहिजे; असें असल्यावर चाकाचा  
परिघास दोन दांत्यांचा अंतराइतक्या स्थळांतून पुढें नेण्या-  
साठीं मळसूत्रास पूर्ण एक फेरा दिला पाहिजे. जर व  
चाकास सोळा दांत्ये असतील, तर प हातानें अ दांडा  
आणि स मळसूत्र एक वेळा फिरविलें असतां व चाक  
मळसूत्राचा योगानें एक दांत्याइतकें पुढें जाईल; आणि

यामुळें दांड्याचा सोळा फेऱ्यांनीं, व चाक एक वेळा फिरेल.

मळसूत्राचे उपयोग अगणित आहेत.—रूपये, मोहोरा, पैसे इत्यादि धातूंचा तुकड्यांवर छाप उठविण्याकरितां मळसूत्राचा उपयोग करितात. सर्व छापण्याचा कामांत मळसूत्राचा उपयोग होतो. त्याचा योगानें मोठा कापसाचा गळ्या दावून लहान गांठोड्यासारिखा होतो, आणि कापूस हा सर्व पदार्थांत हलका आणि पोकळ आहे, परंतु तो पाण्यांत बुडण्याजोगा जड होतो. कधीं कधीं लहान शक्तीची योजना मळसूत्रावर करून त्याचा योगानें मोठालीं तेललेलीं घरे नीट करितात. मळसूत्राचा योगानें लहान अंतरें मापितां येतात अथवा त्या अंतरांचे विभाग करितां येतात ; यामुळें त्याचा उपयोग ज्योतिषाचे कामांत फार पडतो. साधारण मळसूत्राचा योगानें एक इंचाचे पांच हजार भाग होतात ; परंतु ज्योतिषप्रकरणीं यंत्रांस जीं तिख्याचीं पाणी दिलेलीं मळसूत्रें असतात, तीं यापेक्षां फार वारीक असतात. यापक्षां अशा मळसूत्रास सूक्ष्ममापकमळसूत्र असें म्हणतात. सुताराचें भोकें पाडण्याचें गिम्लेट, जास गिरमिट म्हणतात आणि अगर हीं दोन हातेरें मळसूत्राचीं उदाहरणें आहेत. यांत वाटोळ्या दांड्यांचा जागीं शंकूचा आकृतीचे दांड्याभोंवतीं उतरण गुंडाळिलेली आहे असें मानितां येईल. हीं हातेरें टोंकदार असतात, यामुळें त्यांचें सामर्थ्य फार असतें. उसाचा रस काढण्याचा चरक, जास मळसूत्राचा सूत्रासारिखीं सूत्रें असतात, ते या यंत्राचें अनुभविक उदाहरण आहे ;

सारांश जा जा पक्षांत मोळ्या भाराची किंवा वजनाची गरज लागत्ये तेथें मळसूत्राचा उपयोग करितात.—

बूच काढण्याचें मळसूत्र हें केवळ मळसूत्राचें सूत्र आहे, सूत्र जा दांड्याभोंवतीं गुंडाळिल्लें असतें तो दांडा त्यांत नसतो आणि या कृत्यांत प्रतिबंध दूर करावा याजकरितां त्याचा उपयोग नाहीं, परंतु त्याणें मऊ बुचांत शिरून बळकट धरावें, हा मात्र त्याचा उपयोग आहे.— सांप्रत बूच काढण्याचीं नवीं मळसूत्रें बहुत आहेत, त्यांत दोन मळसूत्रें असतात, त्यांतून एक मळसूत्र बुचांत शिरतें आणि दुसरें त्यास बाहेर काढितें.—



## अध्याय १३.

### घर्षण.

यांत्रिक साधनांचा फळाची गणना करित्येसमयीं त्याचा चलन पावणाऱ्या अवयवांचें जें परस्परांवर घर्षण होतें, त्यासाठीं पुष्कळ सूट द्यावी लागत्ये असें मार्गें सांगितलें; परंतु यंत्रांतील घर्षणाचा परिणामाचा विचार अवश्य केला पाहिजे, ह्मणून तो विषय एका निराळ्या अध्यायांत सांगावा हें योग्य.

एका पदार्थाचा सपाटीवर दुसऱ्या पदार्थाचा सपाटीचा चालण्यानें जें फळ होतें त्यास घर्षण ह्मणतात; पदार्थाचा सपाटी जरी गुळगुळीत अशा दिसतात, तरी सर्व पक्षांत त्यांवर कांहींसा खरवरीतपणा अवश्य असतो; यामुळें जेव्हां दोन सपाट्या एकत्र होतात, तेव्हां एका सपाटीवरील उंचवटे दुसरीचा खाड्यांत जातात, आणि तेणें करून चलनास प्रतिबंध होतो. यंत्रांत जे अवयव एकत्र असतात त्यांचा खरवरीतपणामुळें त्या यंत्राचा निरनिराळ्या अवयवांत घर्षण उत्पन्न होतें, आणि काळेंकरून तें घर्षण भिन्नभिन्न कारणांनीं वाढतें; जसें लोखंडास तांब लागल्यानें, लांकूड मऊ असल्यानें, अथवा कुजल्यानें, आणि दोर कठीण आणि ताठ असल्यानें; दरवाजांचीं अथवा खिडक्यांचीं विजागरीं जीं फार दिवस उघडलीं अथवा हाललीं नसतात, त्यामुळें त्यांस जो जंग लागला असतो, त्याचा घर्षणानें तीं उघडण्यास कठीण जातात.

याचसारिखें एकादें जुनें तांव लागलेलें कुलूप तशाच जु-  
न्या किल्लीनें उघडायार्चें असल्यास कुलुपांतून किल्ली फि-  
रविण्यास मोठा श्रम पडतो. जीं मळसूत्रें फार दिवस  
फिरविल्यावांचून अथवा उपयोगांत आणल्यावांचून अस-  
तात, त्यांस फिरविण्यासही फार श्रम पडतो.

लोखंड, लांकूड, वीट, दगड इत्यादि पदार्थांचे दोन  
दोन तुकडे घेऊन, त्यांतून एक तुकड्याची उतरण  
करून त्यावर त्याच जातीचा दुसरा तुकडा ठेवितात,  
आणि तो दुसरा तुकडा उतरणीवरून खाली सरूं लागे-  
पर्यंत त्या उतरणीचें एक टोंक वर करितात; अशा री-  
तीनें सजातीय पदार्थांचा घर्षणाची गणना करितात;  
उतरणीवरचा तुकडा सरकूं लागल्याचे पूर्वी उतरणीचे  
उताराचा जो कोन असतो, त्यास विसांव्याचा कोन  
ह्मणतात.

घर्षण पावणाऱ्या सपाटींचें घर्षण कमी करण्याचे उ-  
पाय हे पुढील आहेत. गरज लागेल त्याप्रमाणें ह्यांतून  
एकएकाची योजना करावी किंवा अनेकांची योजना  
करावी.

१. घांसणाऱ्या सपाट्या गुळगुळीत कराव्या; परंतु  
हा गुळगुळीतपणा कांहीं मर्यादेचा आंत असावा, कारण  
गुळगुळीतपणानें पदार्थ इतके ज्वळ येतात कीं तेंणेंक-  
रून त्या दोन पदार्थांमध्ये स्नेहाकर्षण उत्पन्न होतें.

२. जे पदार्थ परस्परांवर घांसणार ते निरनिराळ्या  
जातीचे असावे. उदाहरण, आंस तिख्याचे असतात  
आणि ते जांत फिरतात ते अवयव पितळेचे असतात.

घडियाळें आणि त्यांसारिखीं दुसरीं लहान यंत्रें, यांत तिख्याचे आंस अक्रीक अथवा हिरा यांत फिरतात. तिखें आणि वर्फ यांत अनिश्चय भिन्नपणा आहे; यामुळें वर्फावर चालणाऱ्या मनुष्याचा गमनांत फार बरा असत्ये.

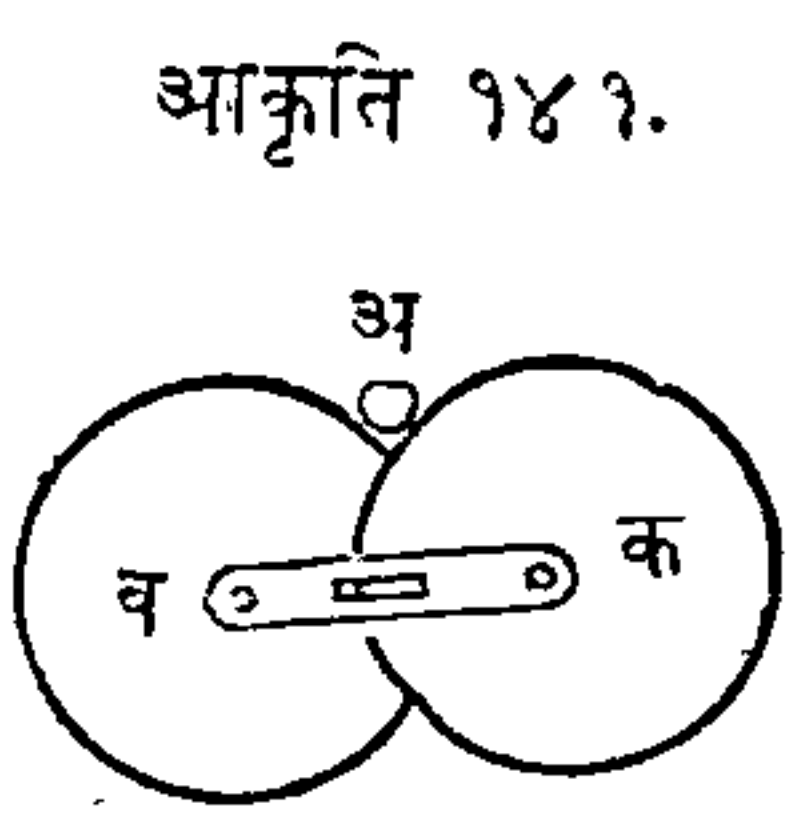
३. पदार्थांचा घर्षण पावणाऱ्या अवयवांमध्ये स्निग्ध पदार्थ घालावे; जसें तैलादि पदार्थ घातूंत घालावे; सावू, चरबी लांकडाचा पेनशिलींत जें शिसें असतें तें, इत्यादि पदार्थ लांकडांत घालावे. सावू अथवा चरबी यांचा योगानें घर्षण नाहींसें होतें याविषयीं एक चमत्कारिक उदाहरण आहे. विलायतेत सगाचा दिवसांत एक खेळ करितात, त्यांत डुकराचा शेंपटीस सावू लावितात, आणि ती बुळबुळीत शेंप धरून जो त्या डुकरास धांवतांना धरिल त्यास कांहीं इनाम कबूल करितात. याचसारिखा मुंवईत पैजांचा दिवशींही एक खेळ करितात, त्यांत एका गुळगुळीत खांबास चरबी लावून, त्याचा टोंकास कांहीं रूपये बांधून तो खांब पुरितात, नंतर जो त्या खांबावर चढून बांधलेले रूपये घेईल त्यास ते इनाम देतात.

४ पदार्थांचा घांसणाऱ्या अवयवांचा विस्तार कमी करावा; जसें आंसाचा जो भाग चाक्रांत फिरतो तो कमी करावा;

५ पदार्थ नुसते जमीनीवरून ओढावे त्याबद्दल ते चाक्राचा गाडीवर घालून ओढावे.

६ जांस घर्षणचक्रे ह्मणतात त्यांचा उपयोग करावा; त्यांचा योगानें गुळगुळीत आंसाचेंही घर्षण कमी होतें;

कारण त्या घर्षणचक्रांचा परिघांवर आंस राहतो, व तीं



आकृति १४१.

चक्रे त्या आंसाबरोबर फिरतात. वाजू-  
वरील १४१ व्या आकृतींत अ आं-  
साचें टोक आहे, आणि जा घर्षणच-  
क्रांवर तो आंस राहतो तीं व आणि  
क चक्रे आहेत.

७ जो पदार्थ ओढावयाचा असतो तो वाटोळ्या दांड्यां-  
वर अथवा वाटोळ्या गोळ्यांवर ठेवून ओढावा. जसें, मोठें  
लांकूड ओढायाचें असलें ह्मणजे त्याखालीं वाटोळीं ल  
कडें घालून ओढितात, अथवा जेव्हां तोफेचा गाड्यास  
सपाट बैठक असत्ये, तेव्हां त्याचाखालीं वाटोळे गोळे  
घालून तो गाडा फिरवितात. या दोन पक्षांत घर्षण  
अगदीं नाहीं; परंतु वाटोळे दांडे अथवा गोळे यांस पुढें  
चालण्यास जो भूमीपासून प्रतिबंध होतो, तितकाच मात्र  
आहे. जे सर्व अवयव एकमेकांवर घांसतात, त्यांत जी-  
वांचा शरीरांतील एकमेकांवर घांसणारे सांधे इत्यादि  
अवयवांची शक्ति, त्यांचा हालण्याची त्वरा, आणि अग-  
णितपणा यांचा विचार केला असतां, त्यांत घर्षण फार  
थोडें आहे असें वाटतें. त्यांत जो या गोष्टीचा पूर्णपणा  
आहे, तो आपल्या ध्यानांत येऊन आश्चर्य वाटतें, परंतु  
केवळ त्यांचा सारिखी कृति करितां येत नाहीं.

घर्षणाविषयींचा सर्व गोष्टी चाक्रांचा गाड्यांपासून  
दिसून येतात; परंतु या लहान ग्रंथांत त्यांचें सविस्तर व-  
र्णन करितां येत नाहीं.—

घर्षण पावणाऱ्या सपाट्यांचा खरबरीतपणा आणि भा-

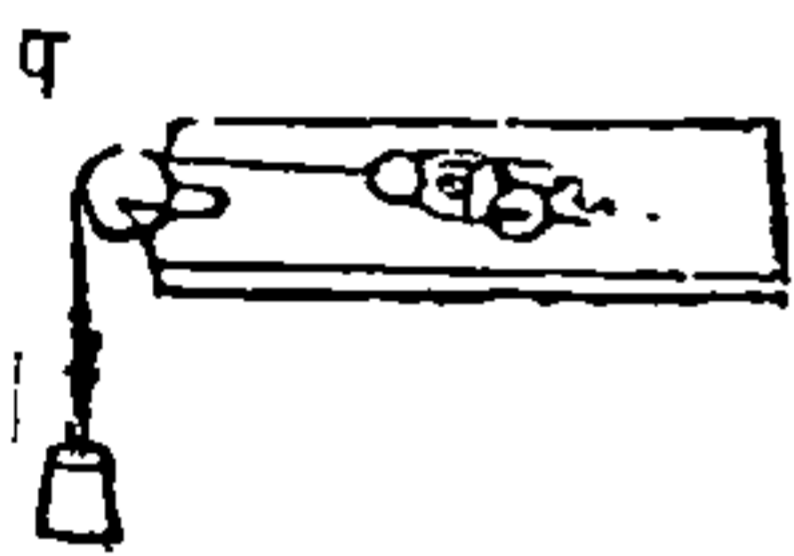
राची शाक्त हीं जशीं असतील, त्याप्रमाणें घर्षणापासून प्रतिबंध होईल, असें मागील सर्व लेखावरून कळेल. दो-  
नही सपाटी सारख्या असून वजन दुप्पट केले असतां  
घर्षणही दुप्पट होईल; वजन तिप्पट वाढविलें तर घर्ष-  
णही तिप्पट होईल; आणि हाच नियम पुढेही चालेल.

पदार्थांचा एकत्र होणाऱ्या सपाट्यांचा विस्ताराप्रमा-  
माणेंच केवळ घर्षणापासून प्रतिबंध होत नाही, असें प्रत्यक्ष  
अनुभवावरून कळलें आहे; परंतु पदार्थांचा जाती आणि  
वजन हीं सारखीं असतां जा सपाट्या परस्परांवर घांस-  
तात, त्या लहान किंवा मोठ्या असल्या तरी घर्षणापासून  
जो प्रतिबंध होणार तो दोहोंपक्षीं सारखाच होईल. उदा-  
हरण, एक लांकडाचा तुकडा दुसऱ्या सपाटीवरून घांस-  
त जातो, त्याची एक बाजू ४ इंच आहे आणि  
त्याची धार एक चतुर्थांश इंच आहे, त्यास मोठ्या  
बाजूवरून किंवा अरुंद धारेवरून ओढिला तरीं घर्षण  
सारखेंच होईल; ही गोष्ट या पुढील हिसाबापासून स्पष्ट  
दिसेल. अशी कल्पना करावी कीं त्या तुकड्याचें वजन  
४ तोळे आहे; जेव्हां त्याची मोठी बाजू खाली असत्ये,  
तेव्हां वर सांगितलेलें वजन १६ चौरस इंचावर पडतें,  
यावरून प्रत्येक चौरस इंचावर पाव तोळ्याचा भार पडतो.  
यावरून १ चौरस इंचावर पाव तोळ्याचें वजन असतां  
जो घर्षणापासून प्रतिबंध होतो, त्याचा १६ पट प्रतिबंध  
या पक्षांत घडेल. आतां अशी कल्पना करावी कीं तो  
तुकडा धारेवर ठेविला आहे, आणि पाव इंच चौरसावर  
४ तोळे अथवा १६ पाव तोळे इतकें वजन आहे. परंतु



सपाटी सारिखी असतां वजनाचा प्रमाणानें घर्षण वाढतें, असें अगोदरच सांगितलें. यामुळें एक चौरस इंच सपाटीवर पाव तोळ्याचा भार असतां जितकें घर्षण होतें, त्याचा १६ पट घर्षण या पक्षांत होईल; आणि हा तुकडा त्याचा सपाटीवर ठेवला असतां, त्यास इतकेंच घर्षण प्राप्त होईल असें पूर्वीच सिद्ध केलें आहे.—

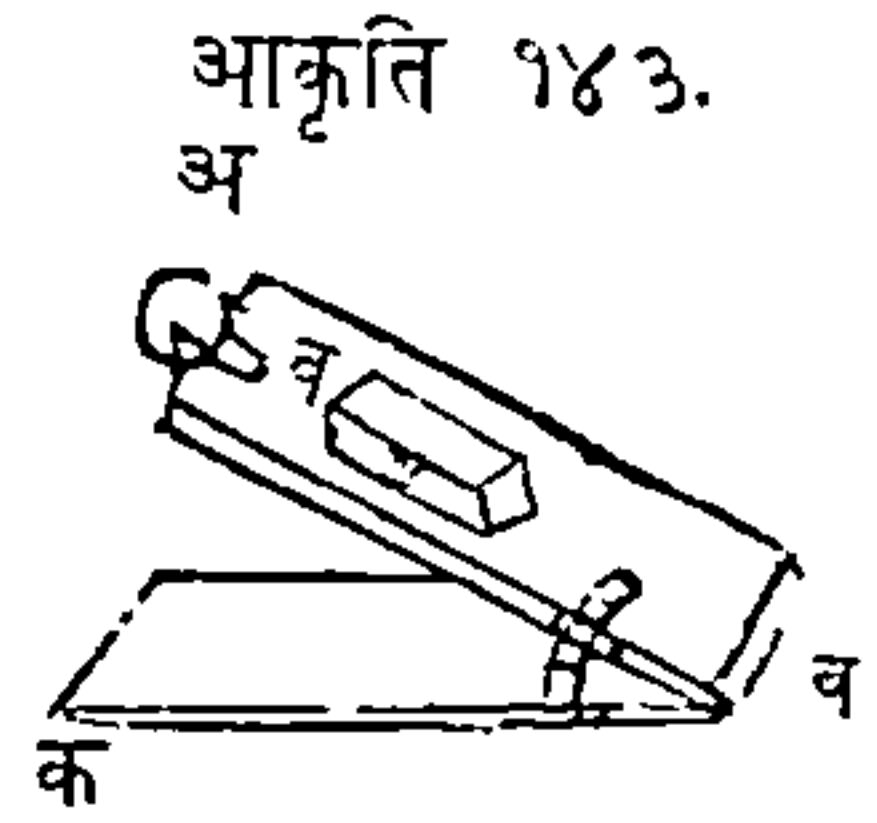
या पुढील कृतीवरून घर्षणाचे नियम दाखवितां ये-

आकृति १४२.  तील. अ सपाटीवर ब लहान गाडी ठेव, (आकृति १४२) आणि त्या गाडीस एक दोरी बांधून ती दोरी सपाटीशीं समांतर प चाक्रावरून ने; असें केल्यावर दोरीस अति लहान व-

जन टांगिलें असतां ती गाडी सपाटीवरून चालेल. जर गाडीचा जागीं तिचाच वजनाचा खरवरीत बाजूचा लांकडाचा ठोकळा ठेविला, तर गाडी चालविण्यास जितकें वजन लागलें, त्यापेक्षां अधिक वजन हा तुकडा चालविण्यास लागेल. यावरून या दोन पक्षांत जें वजन लावावें लागतें तें प्रत्येक पदार्थाचा घर्षणावरोवर आहे. आतां या लांकडाचा तुकड्यावर त्याचे वजनाचा दुसरा पदार्थ ठेवून त्याचें वजन दुप्पट केलें, तर पूर्वी जें वजन दोरीस बांधिलें होतें तें त्या पदार्थाचें घर्षण नाहींसें करण्यास पुरेसें होणार नाहीं असें दिसेल; परंतु पूर्वीप्रमाणें घर्षणाचा मोड करी असें दुसरें वजन टांगिलें, तर जें सर्व वजन घर्षणाचा मोड करितें तें पूर्वीचा वजनाचा दुप्पट आहे

असें दिसेल. यावरून असें दिसतें कीं दुप्पट वजन खालें असतां दुप्पट घर्षण उत्पन्न होतें.

उतरणीचा सहायानें घर्षणाचे नियम चांगल्या रीतीने दाखवितां येतात. अ व उतरणीवर लांकडाचा ठोकळा व ठेव, आकृति १४३; यांत क व फळीला अ व फळी मिजाग्यानें जडिली आहे, तेणेंकरून ती फळी हवी तितकी उंच करितां येथे. तर अ व उतरण हळु हळु उंच कर, जोंपर्यंत तिची उंची अशी होईल कीं त्या उतरणीवरून लांकडाचा तुकड्याची खालीं येण्याची शक्ति घर्षणाचा मोड करी अशी होईल; आणि त्यामुळें तो तुकडा सरकायास लागेल. यावरून उतरणीची अ व लांबी, जशी तिचा अ क लंबाचीस आहे, त्याच प्रमाणानें व तुकड्याचा सर्व वजनास त्याचा अ व उतरणीवरून येणारा अंश होईल. जसें, जर अ व लांबी १२ इंच आणि अ क लंबाची ३ इंच आहे, ह्मणजे लांबीचा चतुर्थांश उंची आहे, तर सर्व वजनाचा एक चतुर्थांशावरोवरीचा शक्तीनें तें वजन खालीं येऊं लागेल; ह्मणजे जर तें वजन १२ तोळे असेल, आणि उतरणीची सपाटी केवळ गुळगुळित असेल, तर तें वजन खालीं न येऊं देण्यासाठीं ३ तोळ्यांची शक्ति उतरणीवरून त्या वजनावर लागू केली पाहिजे. सर्व यांत्रिक साधनांत घर्षण घडतें हें सांगण्याचें प्रयोजन नाहीं, आणि पूर्वी सांगितल्याप्रमाणें, त्यांचे परिणामाचें गणित करिल्ले समयां पु-



ष्कळ सूट द्यावी लागत्ये, हेंही सुचविण्याचें येथें कारण नाहीं. परंतु कांहीं यंत्रांत एकत्र येऊन घर्षण पावणारे अवयव थोडे असतात यामुळें तशा यंत्रांत घर्षण कमी असतें.

उच्चालकांत घर्षण फारच कमी ; कारण शास्त्ररीतीनें तो एका विंदूवर राहतो, आणि व्यवहारांत त्यास फार थोडे स्थळ लागतें.

कप्पीचा दोर चाकावरून जातो आणि कप्पीचा चाकाचा आंस फिरतो, यामुळें कप्पींतही घर्षण कमी होतें; कप्पीचा आंसाचा फिरण्यापासून घर्षण होतें तें नाहींसें करण्यासाठीं सोईस पडेल तितकी कप्पी मोठी करावी, कारण मोठ्या कप्पींत घर्षणाचा ठिकाणांपासून, ह्यगजे मध्यापासून लांब अंतरावर दोर लागू होतो आणि यामुळें घर्षणाचा मोड करण्याची शक्ति त्याचा आंसी अधिक येत्ये.—

आंसांसखिललेल्याचाकाचा आधारावर सर्व यंत्राचा आणि त्याचा योगानें जें वजन उचलावयाचें, त्याचा भार त्यावर पडतो; यामुळें त्या यंत्रांत घर्षण फार उत्पन्न होतें; असें आहे तरी चांगल्या युक्तींनीं ही अडचण दूर होत्ये.—

उतरणींत घर्षणासाठीं पुष्कळ सूट द्यावी लागत्ये, तेणें करून त्या यंत्राचा नफ्याविषयीं गणितांत फार फेर पडतो.—

पाचर आणि मळसूत्र यांत घर्षण अतिशय घडतें; यांतिल चलन पावणाऱ्या सपाळ्या अगदी जवळ जवळ असतात, यामुळें त्यांस संभाळण्यास मोठी सावधगिरी ठेवावी लागत्ये.—

समाप्त.

## शब्दपरिभाषा.

आघात— चलनयुक्त पदार्थ दुसऱ्या पदार्थास जो धक्का देतो तो.

कर्ण— चौकोन आकृतींतील समोरासमोरचे दोन कोन विंदु जोडणारी जी रेषा तीस कर्ण रेषा म्हणतात.

कोन— दोन रेषा सरळ येऊन जा विंदूंत एकत्र होतात त्या विंदूस कोन म्हणतात; भूमितींत कोनास लघुकोन, काटकोन, आणि विशालकोन, म्हणतात. काटकोनांत  $90^\circ$  अंश असतात, लघुकोनांत  $90^\circ$  पेक्षा कमी आणि विशाल कोनांत  $90^\circ$  पेक्षा अधिक अंश असतात.

गुरुत्वाकर्षण— गुरुत्व पाहा. पृ० ३९.

गुरुत्वमध्य— ह्मणून पदार्थांत एक विंदु असतो, त्या विंदूने जर तो पदार्थ उचलिला तर त्याचे अवयव त्या विंदूभोवतीं परस्परांस तोलून धरितील.

गुरुत्व— पृथ्वीचा मध्याकडे पडण्याचा जो पदार्थांचा कल त्यास गुरुत्व म्हणतात.

घर्षण— पदार्थांचा सपाट्यांचें एकमेकांवर घांसणें तें. यंत्राचा सामर्थ्याची गणना करित्येसमयीं घर्षणावदल सूट द्यावी लागत्ये.

चलण— पदार्थांचा एके स्थानापासून दुसऱ्या स्थानाकडे जाण्याचा जो व्यापार त्यास चलन म्हणतात.

**चलनप्रकरण**— ह्यणून एक यंत्रशास्त्राचा भाग आहे, त्यांत पदार्थाचा चलनाचा विचार असतो.

पृ० ७८.

**जडता**— प्रेरणारूप कारणावांचून आपली स्थिर अवस्था अथवा सरळरेषेत समचलनावस्था न बदलण्याचा जो पदार्थाचा धर्म त्यास जडता ह्यणवें.

**टेंकू**— ह्यणजे उच्चालकाचा धीर किंवा आधार आहे.

**तराजू**— एक उच्चालकाचा प्रकार आहे. ती, पदार्थ तोलण्यास घेतात. स्तोलयार्ड तराजूचा भेद आहे.

**त्रिज्या**— वर्तुळाचे मध्यापासून परिघापर्यंत जी रेषा जात्ये ती.

**त्रिकोण**— तीन वाजू व तीन कोनांची आकृति.

**त्रिकोण प्रिज्जम**— एक भरीव आकृति आहे ; तिची दोनही शेवटें समांतर असतात व तीं त्रिकोणाकृती असतात.

**पराबला**— जेव्हां वर्तुळशंकू पातळीने वाजूशीं समांतर छेदिला असतो तेव्हां त्या छिन्नाचा आकार पराबला असतो.

**परिघ**— वर्तुळाची मर्यादरेषा. वर्तुळपरिघाचे ३६० भाग कल्पिले आहेत, त्यांस अंश ह्यणतात.

**पदार्थ**— आकारविशिष्ट प्रकृतीस पदार्थ ह्यणतात, पदार्थाचा घटक वस्तूस प्रकृति ह्यणतात.

**परिणामरूप प्रेरणा**— दोन अथवा अधिक प्रेरणांच संयोगानें झालेली जी प्रेरणा ती.

**प्रतिबंध**— जा कारणानें चलन पावलेल्या पदार्थाचे चलन



कमी होते, अथवा नाहीसे होते, अथवा उलटे होते त्यास प्रतिबंध ह्यणतात. पृ० ६.

**प्रेरणा**— जा कारणाने स्थिर पदार्थाचा आंगीं चलन उत्पन्न होते, अथवा चलन पावलेल्या पदार्थाचे चलन कमी होते किंवा फिरते त्या कारणास प्रेरणा ह्यणावे. पृ० ६.

**प्रेरणा पृथक्करण, प्रेरणैकीकरण**— दोन किंवा अधिक प्रेरणांपासून झालेल्या एका प्रेरणेचा आंगीं त्या प्रेरणांची योजना करितात, त्या कृतीस प्रेरणापृथक्करण ह्यणतात. आणि याचे उलट्ये कृतीस प्रेरणैकीकरण ह्यणतात.

**मध्याकर्षप्रेरणा**— जी प्रेरणा पदार्थास एका बिंदूभोवतीं फिरवित्ये ती. पृ० १०.

**मध्योत्सारिणीप्रेरणा**— जी प्रेरणा मध्याभोवतीं फिरणाऱ्या पदार्थास मध्यापासून दूर नेत्ये ती.

**मोमेंट**— एक शक्ति पदार्थास एका बिंदूभोवतीं जा स्थळांतून फिरवित्ये, त्या स्थळास त्या शक्तीने गुणिले असतां त्या गुणाकारास बिंदूभोवतीं त्या शक्तीचा मोमेंट ह्यणतात. पृ० ११४.

**लंब**— जी रेघ दुसऱ्या रेघेवर पडून जवळ जवळचे कोन बरोबर करित्ये तीस लंब ह्यणतात.

**वेग**— परार्थाचे चलनाचे त्वरेचे परिमाणास वेग ह्यणतात.

**वेगाघात**— जा शक्तीने चलनयुक्त पदार्थ दुसऱ्या पदार्थावर आपटतो तीस वेगाघात ह्यणतात; पदार्थाचे

प्रकृतिपरिमाण आणि वेग यांचा गुणाकाराबरोबर तो असतो. पृ० ७.

व्यास - जी रेघ वर्तुळमध्यांतून जाऊन तिचीं दोन्हीं टोंकें परिघाशीं मिळतात, त्या रेघेस व्यास ह्मणतात.

शंकु - एक भरीव आकृति आहे तिचा पाया वर्तुळ आहे, आणि शिर एक बिंदु असतो. उदाहरण न्हा-  
व्याची तुंबडी.

शक्ति - जी प्रेरणा यंत्रावर लाविल्यानें त्यास चलन द्यायें ती.

समांतर रेघा - जा दोन रेघा सपाटीवर सारख्या अंतरानें एकमेकापासून असतात, त्यांस समांतर रेघा ह्मणतात.

समांतरबाजूचौकोन - ह्मणजे चार सरळ रेघांची आकृति, जींत समोरासमोरचा बाजू अथवा रेघा समांतर असतात.

स्थिरताप्रकरण - पदार्थावर प्रेरणा घडल्या असतां त्यांचा योगानें तो स्थिर राहतो, अशा प्रेरणांचा जा भागांत विचार असतो, असा यंत्रशास्त्राचा एक भाग आहे. पृ० ७८.

क्षितिमर्यादा - पृथ्वीची वर्तुळाकार मर्यादा दिसत्ये ती. स्थिर पाण्याची सपाटी क्षितिमर्याद असत्ये.

