

म. ग्रं. सं. ठाणे

सन

विषय

लेखक बाळाजी प्रभाकर
मोडक

संग्रहालय क्रमांक

७७६

पुस्तकाचे नाव सुधीरा

।२। विज्ञान न दे

~~सं. क्रं.~~

सुधी शारदा- किंवा

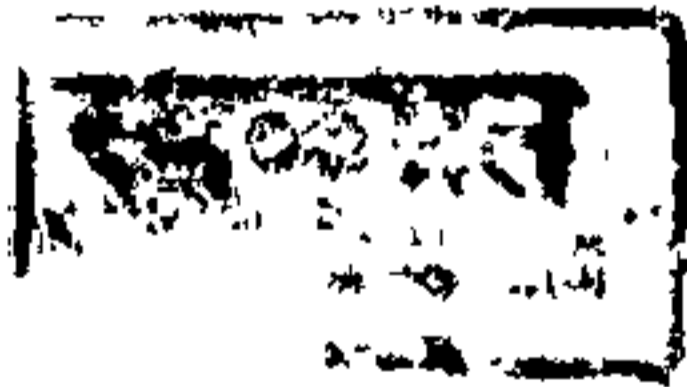
विज्ञान शारदा (क)

(शास्त्र)

र. नं.
४४२



५११२
शांरामय



ELEMENTARY TREATISE

ON

PHYSICS

EXPERIMENTAL AND APPLIED

BY

BALAJI PRABHAKAR MODAK

LECTURER IN PHYSICAL SCIENCES

AND

SUPERINTENDENT OF RAJKOOMARS

RAJARAM COLLEGE KOLHAPUR.

Vol. I.—Part II.

SECOND EDITION

REVISED AND ENLARGED

with Numerous Additions and Illustrations.

Registered under Act XXV. of 1867.

January 1881.

All rights reserved by the author.

Price 1½ Rupee.

Bombay.

PRINTED AT THE "NIRNAYA SAGAR" PRESS.

सृष्टिशास्त्र

किंवा

पदार्थविज्ञानशास्त्र.

पूर्वार्ध.—भाग २.



हा ग्रंथ

बाळाजी प्रभाकर मोडक

कोलापूर येथील राजारामकालेजांतील

पदार्थविज्ञानशाखाचे गुरू

आणि

राजकुमारांचे सुपरिंटेंडेंट

यांनीं

अनेक इंग्रजी ग्रंथांच्या आधारें रचिला.

आवृत्ति दुसरी.

जानेवारी १८८१.

हिंदुस्थानसरकारच्या १८६७ च्या २५ व्या आक्टाप्रमाणें नोंदला आहे.

(सर्व हक्क ग्रंथकर्त्यानिं ठेविले आहेत.)

किंमत १॥ रुपया.

मुंबई येथे,

“निर्णयसागर” छापखान्यांत छापिला.

.

अनुक्रमणिका.

सृष्टिशास्त्र.

भाग २.

उष्णता.

प्रकरण १४.

उष्णता व उष्णतेचीं कार्ये.

| कलम. | विषय. | पृष्ठ. |
|------|---|---------|
| १४३ | सृष्टिव्यापारक. ... | २७१ |
| १४४ | उष्णता ह्मणजे काय. ... | २७१-२७२ |
| १४५ | उष्णतागुरुत्व शून्य आहे. ... | २७२-२७३ |
| १४६ | उष्णतेचीं कार्ये-प्रसरण-प्रयोग. ... | २७३-२७५ |
| १४७ | उष्णतेनें पदार्थ लांब होतात- प्रयोग. ... | २७५-२७६ |
| १४८ | घन पदार्थ सर्व बाजूनीं प्रसरण पावतात.-प्रसरण. ... | २७६ |
| १४९ | उष्ण पदार्थांची थंड होतेवेळची शक्ति- ... | २७६-२७७ |
| १५० | उष्णतेनें प्रवाही पदार्थांचें प्रसरण- प्रयोग. ... | २७७-२७९ |
| १५१ | वायुरूप पदार्थांचें प्रसरण-प्रयोग- बारीक नळ्यांत पाणी भरणें- विमान उडविणें. ... | २७९-२८१ |

| कलम. | विषय. | पृष्ठ. |
|------|---|---------|
| १५२ | उष्णतेने पदार्थांचे रूपांतर—घन पदार्थांचे प्रवाही होणे. ... | २८१—२८३ |
| १५३ | प्रवाहींचे वायूंमध्ये रूपांतर. ... | २८३—२८५ |
| १५४ | घन पदार्थांचे एकदम वायूंमध्ये रूपांतर. ... | २८५—२८६ |

प्रकरण १५.

उष्णतामान आणि उष्णतामापक.

| | | |
|-----|---|---------|
| १५५ | उष्णतेमुळे पदार्थांची तीन रूपे | २८६ |
| १५६ | थडी झणजे काय. ... | २८६—२८७ |
| १५७ | उष्णतामान झणजे काय. ... | २८७ |
| १५८ | उष्णतामान इद्रियानीं समजत नाही. .. | २८७—२८९ |
| १५९ | उष्णतामान मापण्यास कोणते पदार्थ घ्यावे. ... | २८९—२९० |
| १६० | उष्णता मापण्यास पाण्याची योग्यता. | २९०—२९१ |
| १६१ | उष्णतामापक करणे—नळी भरून बंद करणे—भाग पडणे—फारिन-हीटचे उष्णतामापक. ... | २९१—२९५ |
| १६२ | सेंटिग्रेड (शतभाग) उष्णतामापक—रूमरचे उष्णतामापक—एका उष्णतामापकाचे अंश दुसऱ्यांत नेण्याच्या सारण्या—उदाहरणे. | २९५—२९७ |
| १६३ | नीच व उच्च उष्णतामाने मापण्याची उष्णतामापके. ... | २९७—२९८ |

| कलम. | विषय. | पृष्ठ. |
|------|---|---------|
| १६४ | अतरदर्शक उष्णतामापक किंवा भे- दोष्णमापक. | २९८-२९९ |
| १६५ | पाण्याच्या उष्णतामापकाची मर्यादा | २९९-३०० |
| १६६ | आल्कोहोलाचे उष्णतामापक. ... | ३०० |
| १६७ | अग्निमापक (पायरोमिटर). ... | ३००-३०१ |
| १६८ | बर्फ वितुळण्याच्या बिंदूचे स्थ- लांतर. | ३०१-३०२ |
| १६९ | ध्यानांत ठेवण्याजोगी उष्णतामाने. | ३०२ |
| १७० | उष्णतामान आणि उष्णता-उष्ण- तामान पाहण्याची रीति. ... | ३०३-३०४ |

प्रकरण १६.

प्रसरण व आकुंचन आणि प्रसरणगुणक.

| | | |
|-----|--|-------------|
| १७१ | पाण्याचे अनियमित प्रसरण व आकुंचन. | ३०४-३०५ |
| १७२ | पाण्याचे परमदाढ्ये- | ... ३०५-३०६ |
| १७३ | याचा सृष्टीत उपयोग. ... | ३०६-३०७ |
| १७४ | गोठणाच्या पाण्याच्या प्रसरणाचा जोर. | ... ३०७-३०८ |
| १७५ | दुसरे अनियमित प्रसरण पावणारे पदार्थ. | ... ३०८ |
| १७६ | प्रसरणगुणक म्हणजे काय. .. | ३०९ |
| १७७ | भरीव पदार्थांचे प्रसरणगुणक. ... | ३०९-३१० |

| कलम. | विषय. | पृष्ठ. |
|---------|---|---------|
| १७८-१७९ | भरींव पदार्थांचें प्रसरण काढ- ण्याच्या सारण्या व उदाहरणें. | ३१०-३१३ |
| १८० | प्रवाही पदार्थांचे प्रसरणगुणक- दृश्य व केवल प्रसरण काढणें- सारण्या. | ३१३-३१६ |
| १८१ | वायुरूपपदार्थांचा प्रसरणगुणक- दाब व उष्णतामान यांच्या संबं- धानें प्रसरण मापण्याच्या सा- रण्या. | ३१६-३२० |
| १८२ | हवेचें उष्णतामापक-केवल गून्य उष्णतामान. | ३२०-३२२ |
| १८३ | प्रसरण नियमाचा व्यवहारात उपयोग. | ३२२-३२४ |
| १८४ | समतोल रहाणारे आंदोलक.- ... | ३२४-३२६ |
| १८५ | उदाहरणें. | ३२६-३२८ |

प्रकरण १७.

पदार्थांचें रूपांतर आणि अनुद्रूत उष्णता.

| | | |
|---------|--|---------|
| १८६ | रूपांतर. | ३२८-३३० |
| १८७ | द्रवीकरण-अनुद्रूत उष्णता. ... | ३३०-३३१ |
| १८८-१८९ | पाण्याची किंवा बर्फाची अनुद्रूत उष्णता-उदाहरणें. | ३३२-३३६ |
| १९० | या अनुद्रूत उष्णतेचा सृष्टीत उ- पयोग. | ३३६-३३७ |

श्री श्री

अनुक्रमणिका.

५

कलम.

विषय.

पृष्ठ.

| | | |
|-----|--|---------|
| १९१ | दुसऱ्या पदार्थांची वितुळण्याची उ- ष्णतामानें व त्याची अनुद्रुत उष्णता. | ३३७-३३८ |
| १९२ | मिश्रपदार्थांची वितुळण्याची उ- ष्णतामानें | ३३९ |
| १९३ | विक्लेदन-विक्लेदनानें उष्णता गुप्त होते याविषयी प्रयोग. | ३३९-३४३ |
| १९४ | शीतताजनक मिश्रणें. | ३४३-३४८ |
| १९५ | घनीकरण-येणेंकरून उष्णता बा- हेर पडते-प्रयोग. | ३४४-३४७ |
| १९६ | आकुंचनानें उत्पन्न होणारी उष्णता- प्रयोग. | ३४७-३४८ |
| १९७ | स्फटिकीभवन. | ३४८-३५० |
| १९८ | घनी भवनाविषयी दुसऱ्या विशेष गोष्टी. | ३५०-३५१ |
| १९९ | घनीभवन आणि द्रवीभवन याचे नियम. | ३५१ |

प्रकरण १८.

वाय्वीभवन आणि कठणें.

| | | |
|-----|--|---------|
| २०० | वाय्वीभवन आणि वाफेची अनु- द्रुत उष्णता. | ३५२-३५६ |
| २०१ | वाफेनें पाणी तापविणें. | ३५६-३५७ |

| कलम. | विषय. | पृष्ठ. |
|------|---|---------|
| २०२ | पाण्याच्या वाफेची अनुद्रुत उष्णता. | ३५७-३५८ |
| २०३ | इतर पदार्थांच्या वाफेची अनुद्रुत उष्णता-वाष्पीभवनाचे नियम. | ३५८-३५९ |
| २०४ | पातळ पदार्थांचे कठणे व तत्संबंधी विशेष गोष्टि. ... | ३५९-३६२ |
| २०५ | कढाचा बिंदु आणि हवेचा दाब-कढाच्या बिंदूवरून पर्वताची उंची मोजणे. | ३६२-३६३ |
| २०६ | दाबाप्रमाणे कढाचा बिंदु चढतो किंवा उतरतो. ... | ३६४-३६७ |
| २०७ | कढण्याविषयीचे नियम. ... | ३६७-३६८ |
| २०८ | कढण्याचे उष्णतामान बदलणारी दुसरी कारणे. ... | ३६८-३६९ |
| २०९ | वाफेची अनुद्रुतउष्णता व एकदर उष्णता. .. | ३६९-३७१ |
| २१० | वाफ थिजल्यापासून उत्पन्न होणारी उष्णता मापणे. ... | ३७१-३७२ |

प्रकरण १९.

वाष्पभवन, वफाचीं यंत्रें आणि प्रवाहीची अंडाकार स्थिति.

| | | |
|-----|--|---------|
| २११ | वाष्पभवन आणि कठणे यामधील भेद-चपल पदार्थ-न उडणारे पदार्थ. ... | ३७२-३७४ |
|-----|--|---------|

| कलम. | विषय. | पृष्ठ. |
|---------|---|---------|
| २१२ | बाष्पभवन कमजास्त होण्याचीं कारणें. | ३७४-३७७ |
| २१३-२१४ | धुकें आणि ढग-पर्जन्य | ३७७-३७९ |
| २१५ | बाष्पभवनानें उत्पन्न होणारी थडी. | ३७९-३८३ |
| २१६ | पाण्याच्या बाष्पभवनानें पाणी थि- जविणें- लेस्लीचा याविषयींचा प्रयोग. | ३८३-३८४ |
| २१७ | उल्यास्टनचा क्रायाफोरस. | ३८४-३८७ |
| २१८ | वाताकर्ष यंत्रानें बर्फ करण्याचें के- रीचें यंत्र. | ३८७ |
| २१९ | अग्नीच्या योगानें बर्फ करण्याचें केरीचें यंत्र. | ३८७-३८९ |
| २२० | प्रवाहीची अंडाकार स्थिति-दिव्य करण्याची रीति. | ३८९-३९३ |

प्रकरण २०.

वाफेचा स्थितिस्थापक जोर, वाफेची परम-
दाढ्याची स्थिति-आणि आर्द्रतामापक.

| | | |
|-----|--|---------|
| २२१ | वाफेची स्थितिस्थापक शक्ति- प्रयोग. | ३९३-३९५ |
| २२२ | निर्वातस्थळीं तत्काळ वाफ होते याविषयीं प्रयोग आणि नियम. | ३९५-३९७ |
| २२३ | वाफ होण्याची व वाफेच्या स्थिति- | |

| कलम. | विषय. | पृष्ठ. |
|------|---|---------|
| | स्थापक शक्तीची मर्यादा-वा- फेची परमदाढ्यांची स्थिति. . . | ३९७-३९८ |
| २२४ | वाफेचें परमदाढ्य आणि अत्यंत स्थितिस्थापकत्व याचा दाब आणि उष्णतामान यांशी संबंध. . . | ३९९-४०२ |
| २२५ | हवेंतील पाण्याची वाफ आणि द- हिवर-दवाचा बिंदु किंवा दंव पडण्याचें उष्णतामान. . . | ४०२-४०४ |
| २२६ | पाण्याच्या वाफेची स्थितिस्थापकता किंवा परमदाढ्यांची स्थिति मापणें. | ४०४-४०६ |
| २२७ | सवातस्थळीं किंवा निर्वातस्थळीं सारख्या परिमाणांची वाफ होते व रहाते. | ४०७-४०८ |
| २२८ | हवेंतील आर्द्रता आणि दंवाचा बिंदु. | ४०८-४१० |
| २२९ | आर्द्रतामापक आणि दवाचा बिंदु काढणें. | ४१०-४१२ |
| २३० | डेनियलचें आर्द्रतामापक. . . | ४१२-४१४ |

प्रकरण २१.

उष्णतेचें वहन आणि प्रापण.

| | | |
|-------|---|---------|
| २३१ | पदार्थांच्या स्पर्शापासून निरनि- राळें ज्ञान होण्याचें कारण. . . | ४१४-४१५ |
| ✓ २३२ | वहन—वाहक. | ४१५ |

अनुक्रमणिका.

| कलम. | विषय. | पृष्ठ. |
|------|--|---------|
| २३३ | शीघ्रवाहक आणि मंदवाहक- प्रयोग. | ४१६-४२० |
| २३४ | व्यवहारांत उपयोग-सर हंफ्री डे- व्हीच्या दिव्याचें बीज-काग- दांत भजीं करणें वगैरे प्रयोग. | ४२०-४२५ |
| २३५ | प्रापण-पातळ पदार्थांत उष्णता कशी पसरते याविषयीं प्रयोग. | ४२५-४२८ |
| २३६ | समुद्रांतील प्रवाह. | ४२८-४२९ |
| २३७ | वारें-वारें उत्पन्न होण्याचें बीज- प्रयोग. | ४२९-४३३ |
| २३८ | धुरांडी व चिमण्या. | ४३३-४३४ |
| २३९ | व्यापारोपयोगी वारे. | ४३४-४३९ |
| २४० | मानसून किंवा नैर्ऋत्य वारे. | ४३९-४४० |
| २४१ | खारा वारा व मतलई. | ४४०-४४१ |
| २४२ | पर्जन्य आणि वारे. | ४४१-४४३ |
| २४३ | पर्जन्यहीन प्रदेश. | ४४३-४४५ |
| २४४ | डोंगर व झाडें यांचा पर्जन्याशीं संबंध. | ४४५-४४७ |

प्रकरण २२.

उष्णतेचें किरणविसर्जन, परावर्तन आणि शोषण.

| | | |
|-----|----------------------------|-----|
| २४५ | उष्णतामानाची समता. | ४४७ |
|-----|----------------------------|-----|

| कलम. | विषय. | पृष्ठ. |
|------|---|---------|
| २४६ | उष्णतेचें किरणरूप विसर्जन-प्रयोग. | ४४८-४५१ |
| २४७ | उष्णतेचें शोषण आणि परावर्तन. | ४५१-४५५ |
| २४८ | उष्णताविसर्जनाचे नियम-प्रयोग. | ४५५-४५७ |
| २४९ | उष्णतेच्या परावर्तनाविषयी नियम. | ४५७-४५८ |
| २५० | गोलांतर परावर्तकांपासून उष्णतेचें परावर्तन-प्रयोग. | ४५८-४६० |
| २५१ | निरनिराळ्या पदार्थांची परावर्तक शक्ति. | ४६०-४६१ |
| २५२ | विसर्जक व शोषक शक्ति. | ४६१-४६२ |
| २५३ | उष्णतेचें पदार्थांतून पार जाणें. | ४६२-४६५ |
| २५४ | व्यवहारांत उपयोग. | ४६५-४६८ |
| २५५ | पाण्याच्या वाफेची शोषक व वि- सर्जक शक्ति. | ४६८-४७२ |
| २५६ | दहिंवर किंवा दव-प्रयोग-डा- कृतर वेलस याचे प्रयोग-बं- गालमाती कृत्रिमरीत्या बर्फ क- रितात त्याविषयी. | ४७२-४७८ |

प्रकरण २३.

विशिष्टउष्णता.

- २५७ पदार्थांस उष्ण करणें म्हणजे काय-
निरनिराळ्या पदार्थांस उष्ण क-
रण्यास निरनिराळ्या मानानें उ-

| कलम. | विषय. | पृष्ठ. |
|------|---|---------|
| | उष्णता द्यावी लागते. . . | ४७८-४८१ |
| २५८ | भिन्नभिन्न पदार्थांसु-सारख्या उष्णतामानावर चढविण्यास भिन्नभिन्न परिमाणांची उष्णता द्यावी लागते याविषयी-प्रयोग. | ४८१-४८३ |
| २५९ | विशिष्टउष्णता म्हणजे काय- एक अक्ष उष्णता म्हणजे काय. . . | ४८३-४८५ |
| २६० | शोषण झालेली उष्णता मापणे. | ४८५-४८७ |
| २६१ | विशिष्टउष्णता काढण्याच्या रीति- मिश्रणानें वि० उ० काढण्याची रीति-बर्फ वितळवून वि० उ० काढण्याची रीति-शीत करून वि० उ० काढण्याची रीति. . . | ४८७-४९० |
| २६२ | मुख्य पदार्थांच्या विशिष्टउष्णता. | ४९०-४९३ |
| २६३ | उच्च प्रदेशाची शीतता-बर्फसीमा- हिम आणि बर्फ यांमधील भेद- उंच पर्वतांवर बर्फ न जमण्याची कारणे-हिमरानें. | ४९३-४९६ |
| २६४ | पर्यवसान. | ४९६-४९७ |
| | ज्या ग्रथांचा आधार पुस्तकास घेतला आहे त्यांची यादी. . . | ४९९-५०० |
| | पुस्तकांतील विषय शिकण्यास किंवा शिकविण्यास यंत्रे व सामान लागणार त्यांची यादी. | ५०१-५१७ |

भाग २.



उष्णता.

प्रकरण १४.



उष्णता व उष्णतेचीं कार्ये.

१४३. स्नेहाकर्षण, गुरुत्वाकर्षण आणि रसायनाकर्षण ह्या तीन शक्तींचे धर्म, व्यापार व उपयोग सांगितले. ह्या शक्तींचीं कार्ये कसकशीं होतात हे स्पष्टपणे दिसत नाही. तथापि ह्या शक्तींचे व्यापार पदार्थांवर चालले आहेत, हे तुम्हांस सिद्ध करून दाखविले. ह्या शक्तींस सृष्टिशक्ति असे म्हणतात. तसेंच घन, प्रवाही आणि वायुरूप या तीन रूपांच्या पदार्थांचे विशेष धर्मही सांगितले. ह्याशिवाय आणखी ज्या चार शक्ति राहिल्या त्या उष्णता, प्रकाश, विद्युल्लता आणि लोहचुंबकत्व ह्या होत. ह्यांचेही व्यापार सृष्टपदार्थांवर सतत होत असून ह्यांपासून अनेक दृश्य व अदृश्य कार्ये होतात. झणून ह्यांस सृष्टिव्यापारक असे म्हणतात. ह्यांपैकी उष्णता (जीस प्रतिसारण असे म्हणतात, व असें कां झणतात हे तुम्हांस आतां लवकरच समजेल.) ही मुख्य असून, ही सृष्टीतील बहुतेक व्यापारांस कारण आहे. झणून ह्या शक्तीविषयीं प्रथम सांगून नंतर पुढील शक्ति क्रमाक्रमाने घेऊ.

१४४. उष्णता झणजे काय.— उष्णता झणजे काय ते प्रथमतः समजले पाहिजे. पहा हा येथे दिवा आहे; व ही येथे

रसरशीत निखान्यांनीं भरलेली शेंगडी आहे. दिव्यांत किंवा निखाऱ्यात बोट घातलें तर भाजतें. बरें, ही तार ह्या दिव्यावर कांहीं वेळ धरून बाहेर काढिली आणि तीस बोट लाविलें तर ती उन लागते. तसेंच उघड्या हवेंत असलेला गार हात गरम कपड्यांच्या आंतील शरीराचे भागास (पोटास) लाविला, तर पोटा हातास उन लागतें. यास्तव आपण कोणत्याही उष्ण पदार्थास स्पर्श केला असतां, भाजल्यासारखें किंवा उन लागल्यासारखें जें आपणास लागतें, त्यासच उष्णता हें नांव दिलें आहे. सारांश, उनपणाचें किंवा गरमपणाचें जें ज्ञान त्यास उष्णता म्हणतात.

१४५. उष्णता गुरुत्वशून्य आहे.— पहिल्या धड्यांत पदार्थ म्हणजे काय ह्याविषयीं सांगतांना व्यक्त केलें आहे कीं, उष्णता हा पदार्थ नव्हे. कारण, त्यास आकार व वजन नाहींत. आकार नाहीं हें तर तुम्हांला तेव्हांच समजलें; कारण, इतर पदार्थासारखी एकाद्या डबींत किंवा पेटींत उष्णता जमवितां येत नाहीं. पदार्थास उष्णता दिल्यानें स्पर्शास विशेष प्रकारचें ज्ञान होतें. आता पदार्थांत उष्णता गेल्यानें त्याचें वजन वाढतें कीं काय तें पाहूं. हा पैसा ह्या ताजव्यांत घालून वजन करितों; आणि दिव्यावर धरून उन करून उन झाल्यावर पुनः याचें वजन करूं. पहा, पूर्वीच्या इतकाच तो वजनास भरला. बरें, हा तारेचा तुकडा ताजव्यांत घालून वजन करितों. आता ही तार ह्या दिव्यावर धरून लालभडक होईपर्यंत तापवितों. ही लालभडक तार ताजव्यात घालितों. पहा ! ही पूर्वीच्याहून अणूभरसुद्धा वजनास जास्त भरली नाहीं. थंड झाल्यानें वजन कमी होतें कीं काय पाहूं. पहा, ही आता थंड

होत आहे. परंतु तराजूचीं पारडीं आहेत तशींच समतोल आहेत. तार थंड झाली, तरी वजनास कमी भरली नाही. ह्या-स्तव उष्णता हा पदार्थ नाही. कारण, तीस वजन मुळींच नाही. म्हणून उष्णतेस व तिच्यासारखें व्यास वजन नाही त्यांस गुरुत्व-शून्य असें ह्मणतात. जसा ध्वनि कानांवर पडल्यानें आमचें वजन वाढत नाही, तद्वतच उष्णता पदार्थांत शिरल्यानें पदार्थाचें वजन वाढत नाही. उष्णतेस आकारही नाही. याकरितां उष्णतेचें ज्ञान, तिचें पदार्थांवर जें कार्य होतें त्यापासून मात्र होतें.

१४६. उष्णतेचीं कार्ये-प्रसरण.— स्पर्शास ऊनपणाचें किंवा गरमपणाचें ज्ञान होणें ह्याशिवाय उष्णतेनें पदार्थांत काहीं फेरफार होतो कीं काय तें पाहूं.

प्रयोग १.— ह्या दोन अ, व लोखंडी कांची आहेत (आकृति १९६ पहा) एकीच्या व खाचींत दुसरी अ वसते. खाचींत जी काव वसते तीस धरण्यास हा क लाकडी दाब आहे. आतां ही अ काव ह्या शेगडींत घालून लालभडक होईपर्यंत उष्ण करितों. ही पहा लालभडक झाली. आता ही लालभडक काव ह्या व खाचींत घालूं. पहा, ह्या खाचींत पूर्वीप्रमाणें ही वसत नाही अशी वाकडी तिकडी किंवा जोरानें घातलो, तरी खाचींत वसत नाही. धावरून ही पूर्वीपेक्षां लांब झाली ह्यात सशय नाही. आता हीस पाण्यात बुडवून थंड होऊ देतों. थंड झाल्यावर तरी खाचींत जाते किंवा नाही तें पाहूं. ही पहा, थंड झालेली काव पूर्वीप्रमाणें खाचींत वसते. धावरून ती उष्णतेने लांब झाली व ती निवविल्यावर पुनः पूर्वीप्रमाणें आंखूड झाली यात सशय नाही. गाड्याच्या चाकावर लोखंडी धावा याप्रमाणेंच वसवितात. धावेचा व्यास चाकाच्या इतका किंवा किंचित् कमी असतो. धावेस प्रथम लालभडक करितात. तेणेंकरून ती

प्रसरण पावते व चाकासभोंवतीं सहज वसते. अशी वसवून, नंतर ति-
ज्वर थड पाणी ओततात. तेणेंकरून ती आकुचित होऊन चाकास-
भोंवतीं गच्च वसते.

प्रयोग २.— हें एक यंत्र आहे. यास इमजींत फरग्युझनचा
पायरामेटर (अग्निमापक) असें म्हणतात (आकृति १५७ पहा).
ह्या ल लाकडी फळीवर हे ग, घ दोन टेंकू आहेत. ह्यावर धा-
तूची काब वसण्याजोगे यांस हे पन्हळ आहेत त्यांच्या उजव्या बाजूस
घ टेंकूच्या बाहेर हा उभा लोखंडी तुरुडा च लाकडात वसविलेला
आहे. त्यात एक हा आडवा स्कू स आहे, हा फिरवून आत बाहेर
सारता येतो. डावेकडील टेंकूच्या बाहेर ही उभी पातळ लोखंडी काब
न वसविलेली आहे तिच्या मुळ्यात भाग पाडलेली ही वक्र मानपट्टी ज
आहे. मानपट्टीच्या मुळ्यात ही छ फिरती पितळेची पट्टी आहे. तिच्या
माथ्यावर हिणें ढकलल्यानें फिरण्याजोगा हा झ काटा आहे. ग, घ
टेंकूंच्या पन्हळ्यात ही ख काब ठेवून स स्कू घट्ट करितों. आतां ही
काब उजवे बाजूस सरकणार नाहीं फक्त सरकली, तर डावेबाजूस
सरकेल. ही काब पहा, ह्या छ पितळेच्या पट्टीस थडकून तीस लोट-
ण्याजोगी आहे. ह्या काबीखालीं ही लहानशी क दोण ठेवितों.
तीत आल्कोहोल घालितों. आल्कोहोल हा एक प्रकारचा दारूचा
अर्क आहे. हा पहा, पाण्यासारखा निवळ शंख दिसतो; परंतु ह्यास
पेटलेली मेणवत्ती किंवा कांकडा लावताच पेटतो. आता ह्या दोणीं-
तील मद्यार्कास बत्ती लावितों. पहा, हा पेटला. ह्या पेटलेल्या अर्काच्या
उष्णतेनें काब उष्ण होईल. उष्ण झाल्याकारणानें पहा, हा झ काटा
मानपट्टीवर सरकू लागला. काटा सरकण्यास त्यास या छ पट्टीनें लो-
टिलें पाहिजे. ह्या छ पट्टीस लोटण्यास काबीशिवाय दुसरें काहीं
नाही. ह्यास्तव काब उष्णतेनें जास्त लाब झाली. उजवेकडे जाण्यास
तीस मार्ग नसल्यानें ती डावीकडेच वाढत गेली. असजशी वाढत
गेली तसतसा हा झ काटा या ज मानपट्टीवर सरकत गेला. आता
दोणीवर फडक्याची चौपट्टी घालून दारू विझवितो. ही लोखंडी

कांब काढून पुन ही पितळेची कांब घालितों; व दोणींत मद्यार्क घालून पुनः पेटवितों. पहा ! कांब जास्त लांब होत जाऊन काटा सरकू लागला.

१४७. उष्णतेनें घन पदार्थ लांब होतात.— ह्या व पूर्वीच्या प्रयोगांवरून उष्णतेनें पदार्थ लांब होतात हें तर उघड झालें. आतां ही कांब अशीच थड झाली म्हणजे काटा खाली येतो कीं काय तें पाहूं. हा पहा, काटा हळुहळू मागे येऊ लागला. ह्यावरून उष्णतेनें कांबी लांब झाल्या व त्या थड होतांच पुनः आंखूड झाल्या. ह्या पायरोमेटरावर कांबी ठेवून घड्याळ लाविलें असतें, तर निरनिराळ्या धातूंच्या कांबी सारख्या वेळांत सारख्या लांब होत नाहींत असें समजलें असतें; परंतु तसें आपण केले नाहीं. याकरितां निरनिराळ्या धातूंच्या कांबी सारख्या उष्णतेच्या प्रमाणानें जास्त कमी लांब होतात, हें दाखविण्याकरितां दुसरा एक प्रयोग करितों, त्यावरून तुमची पूर्ण खातरी होईल.

प्रयोग ३.— लोखंडी पत्रा व पितळेचा पत्रा असे सारख्या लांबीचे व जाडीचे वेऊन ते एकमेकांवर खिळे फुलवून गच्च बसविले आहेत. (आकृति १९८ पहा). तसेंच लोखंडी व तांब्याचे पत्रे एकत्र केलेली ही दुसरी सागड आहे. ह्या दोनही सागडी आता अगदीं सरळ आहेत. ह्या उष्ण केल्यानें सारख्या वाढल्या, तर अशाच सरळ आढव्या लांब होतील. परंतु जर एक जास्त लांब व एक कमी लांब झाली, तर एकाहून दुसरी तशीच सरळ लांब होण्यास वाव नाहीं. कारण दोनही एकमेकांस गच्च बसविल्या आहेत. तर उष्ण केल्यानें त्याचा आकार कसा होतो तें पाहूं. ह्यास या शेंगडींत घालून उष्ण करू व काय होतें तें पाहूं. ह्या पहा, ह्या पत्र्याच्या कांबीच्या सागडी कशा वक्र झाल्या आहेत ! (आकृति १९९ पहा). हा वाहे-

रील पत्रा पितळेचा आहे व दुसरा बाहेरील पत्रा तांब्याचा आहे. ह्यावरून तांबें व पितळ हे धातु लोखंडाहून जास्त प्रसरण पावतात. तसेंच तांबें व पितळ ह्यांचे पत्रे एकावर एक जोडून त्याची सागड उष्ण केली, तर तांब्याहून पितळ जास्त विस्तृत होईल; व पितळेचा पत्रा बाहेर असेल. यास्तव सरळ आडवें विस्तृत होण्यास मार्ग नसेल तेव्हा पदार्थ वक्ररेषेनें प्रसरण पावतात हे उघड आहे.

१४८. उष्णतेनें घनपदार्थ सर्व वाजूंनीं प्रसरण पावतात.— या तीन्ही प्रयोगांवरून उष्णतेनें धातु लांब होतात अशी तुमची खात्री झाली. जर उष्णतेनें पदार्थ लांब होतात, तर ते आंगानेही फुगले पाहिजेत हें उघड आहे. परंतु पदार्थ आंगाने चहूंकडून फुगतात किंवा नाही, हें प्रत्यक्ष प्रयोगावरून अनुभवास कसें येतें तें पाहूं.

प्रयोग ४ — हा अ पितळेचा वाटोळा गोल आहे; व हे ब पितळेचे कडे आहे. हा गोळा ह्या कड्यातून खालवर सहज सरकतो. (आकृति २०० पहा). आता ह्यास उष्ण करून काय होतें तें पाहूं. उष्ण होण्याकरिता ह्या शेगडींत घालून तापवितों या खालीं हा मन्दाकीचा दिवा ठेवून हा गोळा उष्ण केला तरी चालेल; परंतु त्यास वेळ फार लागेल. म्हणून गोळा शेगडीत घातला. आतां हा उष्ण गोळा खालवर सरकतो किंवा नाही तें पाहूं. पहा, हा कड्यातून खाली जात नाही; अडकून रहातो. जर हा आंगाने फुगला नसता व फक्त लांबच झाला असता, तर कड्यातून खालीं जाता. परंतु तसाही जात नाही. त्यापेक्षा हा आंगाने फुगला यांत शक्य नाही. ह्यास्तव पदार्थ उष्णतेनें चोहीवाजूंनीं प्रसरण पावतात. हा गोळा आतां पाण्यात बुडवितों. हा थंड गोळा कड्यातून सरकतो किंवा नाही, तें पाहूं. पहा, कड्यातून सहज खालवर जातो

१४९. उष्ण पदार्थांची थंड होतेवेळची शक्ति.— हें तुम्हीं पाहिलेंच कीं, घन पदार्थ उष्ण केल्यानें जास्त लांब होतात,

व थड केल्यानें आंखूड होतात. जर एकादी काव दोहों बाबूनीं वाठण्यास वाव न ठेवितां उष्ण केली, तर ती अधिक लांब झाल्यानें वांकिल किंवा अगदीं मोडूनही जाईल. तसेंच थडीनें आंखूड होताना जर मध्यें कांहीं अडथळा आला, तर आंखूड होण्याचा जो जोर असतो, त्या जोराने मध्यें आलेल्या पदार्थासही एकीकडे उडवून देईल; किंवा उडवून देण्यास मार्ग नसेल, तर त्यास मोडून त्याचे तुकडे करून मधील अडथळा नाहीसा करील. पदार्थ थड होतांना त्यांच्या आगीं केवढा जोर असतो तो दाखविण्याकरितां एक प्रयोग करितों.

प्रयोग ५ - हा लोखंडी कावीचा तुकडा आहे. हा इतका बळकट आहे की, कोणत्याही पैलवानाच्यानें मोडवणार नाहीं. जसा आपण हीर मोडतो त्याप्रमाणेंच उष्ण पदार्थांच्या आगी थंड होताना जोर येतो त्या जोराने त्याच्या आंखूड होण्याच्या मार्गांत हा तुकडा ठेविला तर त्याचे तुकडे होऊन जातात. ह्या यत्राच्या ह्या खांचीत ही काव बसते. ह्यामध्ये येथे हा लोखंडी तुकडा सारिला तर बसत नाही. (आकृति २०१ पहा). ही काव जर लाल केली तर ती लाव होईल व हा तुकडा वसेल. परंतु तीच थड होऊं लागली, म्हणजे तिच्या आंखूड होण्याच्या मार्गांत तो तुकडा राहिल. आता ही काव या रसरशीत शेंगडोंत घालून उष्ण करितों. आता ही लालभडक झाली. ती ह्या खांचीत बसवितों व मध्यें हा तुकडा सारितों. पहा, तो मार्ग पुढें सारिता येतो असा सईल बसला आहे. ह्यावरून ही काव तापविल्याच्या योगाने पुष्कळ लाव झाली हें उघड आहे.

• ह्यावर आता पाणी ओतून कांबीस थंड करितों. पहा, तुकडा मोडून त्याचे दोन तुकडे झाले व कांब किती आंखूड झाली ' ह्यावरून पदार्थ थंड होताना त्यांच्या आगीं फार जोर असतो हें उघड आहे.

१५०. उष्णतेनें प्रवाही पदार्थांचें प्रसरण.— ह्या

सर्व प्रयोगावरून घनपदार्थ उष्णतेने वाढतात व ते थंडीने आकुंचित होतात हे तुम्हास समजलें. आतां पाण्यासारखे जे पातळ (प्रवाही) पदार्थ असतात त्यांवर उष्णतेचीं कार्ये कशीं होतात तीं पाहूं.

प्रयोग ६ - ही एक नळी आहे; हिच्या बुडारी हा अ फुगा आहे. (आकृति २०२ पहा) नळी कागदाच्या पट्टीवर बसविलेली आहे. कागदावर एक दोन आकडे माडिलेले आहेत, त्यावरून नळीत पाणी किती चढलें आहे हे समजतें. लाल रंगाचें पाणी पाचव्या अंकापर्यंत भरलें आहे. आता फुगा दिव्यावर धरून पाणी ऊन केल्यावर काय होतें तें पाहूं. पाण्यास उष्ण होण्यास बराच वेळ लागतो. पहा, पाणी आता कांहींसें उतरलें. परंतु इतक्यात वर गेलें. इतक्यात सातव्या आठव्या अंकावर जाऊन पोचलें. मी नळीत नवें पाणी तर घातलें नाहीं. त्यावरून पाणी चढलें तें उष्णतेनें फुगलें; म्हणजे विस्तृत झालें म्हणून चढलें. आता या दुसऱ्या नळीत आल्कोहोल दारू पाच अंकावर आहे. फुगा उष्ण करून पाहूं. पहा, नळीत दारू इतक्यात चढूं लागली. पाण्याहून हा द्रव लवकर उष्ण होतो. ६, ७, ८, ९ अंकापर्यंत गेली आता ह्या तिसऱ्या नळीत तेल आहे. हा फुगा उष्ण करूं. पहा, यात तेलही वर चढलें. आता ही पारा असलेली नळी उष्ण करूं. पहा, पाराही वर चढतो. ह्यावरून सर्व पदार्थ उष्णतेनें विस्तृत होतात असें झालें. प्रथमतः पाणी उतरून नंतर चढूं लागलें, याचें कारण पाण्याच्या अमोदर काच प्रसृत झाली, म्हणून पाणी उतरलें

प्रयोग ७ - आता भिन्न भिन्न पातळ पदार्थ सारख्या उष्णतेनें कसे प्रसृत होतात तें पाहूं ह्या चारही नळ्यात पाणी अ, आल्कोहोल ब, तेल क आणि पारा ड हे पदार्थ ५ अंकापर्यंत भरले आहेत. ह्या चारही नळ्या या न दोणीत ठेवितों. नळ्यात द्रव किती चढले हे समजण्याकरिता मध्यें एक कागदाची मानपट्टी बस-

विली आहे. या दोणींत ह्या भाव्यांतलें कढत पाणी ओतितों (आकृति २०३ पहा). कढत पाण्यानें चारही नळ्यातील द्रव उष्ण होतील. पहा, द्रव उष्ण झाले परंतु सगळे सारखे प्रसृत झाले नाहीत. आल्कोहोल फारच चढला, त्याच्या खालोखाल तेल चढले, त्याच्या खालोखाल पाणी, व पारा सर्वांत कमी चढला आहे. ह्यावरून पातळ पदार्थ उष्णतेनें प्रसृत होतात. परंतु ते सारख्या उष्णतेनें सारखे प्रसृत न होतां भिन्नभिन्न प्रमाणानें प्रसरण पावतात.

१५१. वायुरूप पदार्थांचें प्रसरण — हवे सारख्या वायुरूपी पदार्थांवर उष्णतेचीं कार्ये कसकशीं होतात तें आतां पाहूं.

प्रयोग ८ — फुगा असलेली ही नळी आहे. ही पेल्यातील पाण्यांत पालथी ठेवितों ह्या नळीच्या लाकडी पट्टीवर जेथे दोन अक मांडलेले आहेत तेथवर नळीत पाणी आहे. बाकी सर्व नळीत हवा भरलेली आहे. (आकृति २०४ पहा). आता नळीतील हवेस उष्ण करण्याकरितां हा दिवा फुग्यास लावितों. काय झालें तें पहा. पाणी खालीं उतरत चाललें. गेलें उतरत, सगळें गेलें; व नळी रिकामी झाली ! पहा, शेवटीं बुडबुडे नळीतून बाहेर येऊं लागले. बरें, आतां दिवा एकीकडे करून काय होतें तें पाहू. दिवा काढताच पहा पाणी वर चढलें ! पहा, पूर्वी दुसऱ्या अंकापाशीं होतें तितकें आलें; परंतु तेथें न थावतां चार अकापर्यंत गेले. इतक्यांत सहा अंकापर्यंत पोचलें. अजून चढण्याचा जोर आहेच. बरें, फुग्यापाशीं पुनः दिवा नेला असता काय होतें तें पाहू. पहा, दिवा जवळ नेताच गेलें पाणी खालीं ! गेलें गेलें, सारी नळां पुनः रिकामी झाली व बुडबुडे जाऊ लागले. आतां दिवा काढतों पहा, पाणी पुनः चढू लागलें ! हा चमत्कार तुम्हाला एकाद्या गारुड्यानें दाखविला असता, आणि या मंत्रिवलेल्या दिव्यानें पाणी वर चढविलें व खालीं नेलें असें सांगितले असतें, तर मंत्र खरे आहेत असें तुम्हांस वाटतें. बरें

असो. येथे मंत्र काही नाही व मंत्राने सृष्टिनियमाविरुद्ध कोणतीही क्रिया कधी कोणासही करिता येणार नाही.

असे होण्याचे कारण काय त्याचा विचार करू. ह्या नळींत प्रथम दोन अंकापर्यंत पाणी होते. फुग्यास उष्णता लाविल्याने त्यातील हवा उष्ण झाली आणि त्या उष्ण हवेने पाण्यास बाहेर लोटिले. दिव्याने फुग्यांत बाहेरील हवा तर गेली नाही हे खचित आहे. ह्यावरून फुग्यातील हवा उष्णतेने फुगली व त्या फुगलेल्या हवेने पाण्यास बाहेर लोटिले, यांत संशय नाही. आणखी उष्णता लावल्याने ती इतकी फुगली की, तीस नळीत तर रहाण्यास जागा राहिली नाही; ह्यामुळे बुडबुड्यांच्या रूपाने काही बाहेर गेली. दिवा एकीकडे करिताच पुनः पाणी चढले. कारण, दिवा काढतांच फुग्यातील हवा थड होऊ लागली. थड होतांच तिने कमी जागा व्यापिली. ह्यामुळे नळीत पोकळी पडली, तीत पेल्यांतोल पाण्यावरील हवेच्या दाबाने पाणी चढले. बरे, पूर्वीपेक्षा जास्त पाणी चढले ते कां ? उष्णतेने फुग्यातील हवा पुष्कळ प्रसृत होऊन तिचे काही बुडबुडे बाहेर गेले होते. ह्यामुळे मूळच्यातली काही हवा अर्जा कमी झाली होती. म्हणून मूळच्याहून जास्त पाणी चढले. पुनः दिवा नेतांच पुनः हवा प्रसृत झाली म्हणून पुनः पाणी उतरू लागले.

ह्यावरून हवा उष्णतेने फुगते किंवा प्रसृत होते हे उघड आहे. निरनिराळे घनपदार्थ सारख्या उष्णतेने निरनिराळ्या प्रमाणांनी प्रसृत होतात. तसेच पातळ पदार्थांचेही प्रसरण पावण्याचे प्रमाण भिन्न असते हे तुम्हास प्रत्यक्ष दाखविले आहेच. आता बरी निरनिराळे वायु घेऊन त्याचे प्रसरण दाख-

विण्याची मी आज तयारी केली नाही, तरी तुम्हास सागून ठेवितो की, सर्व वायु उष्णतेनें एकसारखे प्रसरण पावतात. व उष्णता कमी केल्यानें एकसारखेच आकुचित होतात. वायूच्या प्रसरणाविषयी आणखी एक प्रयोग करून दाखवितो.

प्रयोग ९ - पचपात्रीभर हवेस उष्णता देऊन दोन पचपात्र्या उष्ण हवा केली, तर उष्ण केलेली पचपात्रीभर हवा मूळच्या पचपात्रीभर हवेपेक्षा हलकी असली पाहिजे हे उघड आहे कारण, मूळच्या पचपात्रीभर हवेच्या निम्मे उष्ण केलेली हवा असते. ह्यास्तव असल्या उष्ण केलेल्या हवेनें विमान भरलें, तर तें सभोंवतालच्या हवेहून हलकें होऊन उडतें. विमानाविषयी मागे सांगितलेंच आहे पुनः त्यापैकी एक प्रयोग करू. पातळ कागदाचे हे विमान आहे. हें आता उष्ण हवेनें भरतों धाकुरिता ह्याचें तोंड उघडें करून या शेंगडीवर धरिलें तरी चालेल. परंतु तें कळून कदाचित् विमान पेटेल, म्हणून या दिव्यावरच्या चिमणीवर धरितों (आकृति २०५ पहा). पहा, विमान फुगू लागलें. हें आता वरेंच भरलें. आता हातातून सोडितों. पहा, कसे वर जात आहे ! कारण, तें आता सभोंवतालच्या हवेपेक्षा हलकें आहे. विमानातील हलकी हवा आणि सभोंवतालची तेवढ्याच आकारमानाची जड हवा यांच्या वजनाच्या अंतराप्रमाणें विमानाचा वर जाण्याचा जोर असतो.

या सर्व प्रयोगांवरून हें तुम्हांस पकें समजलें की, उष्णतेनें सर्व पदार्थ प्रसरण पावतात, म्हणजे पदार्थास उष्ण केल्यानें त्यांचे आकार वाढतात.

१५२. उष्णतेनें पदार्थांचे रूपांतर.- आता पदार्थ अतिशय उष्ण केले, म्हणजे त्यांवर आणखी काहीं विशेष कार्य होतात कीं काय तें पाहूं. हा बर्फाचा घन तुकडा आहे. ह्यास उष्ण करू. पहा, उष्णतेनें घन तुकड्याचें पातळ पाणी झालें.

तुपाचा गोळा उष्ण केला, तर तोही पातळ होतो. आता हा गंधकाचा खडा ह्या नळींत घालून उष्ण करूं. पहा, घन गंधकाचा पातळ गंधक झाला. ह्याप्रमाणें सोनें, रुपें, पितळ, जस्त वगैरे धातु अतिशय उष्ण केले, ह्मणजे पातळ होतात, हें तुम्हास माहीत आहेच. ह्याचा रस करून साचांत ओतून ओतीव दागिने व भांडीं करितात हें तुम्ही ऐकिलें असेल. ह्या लोखंडी पळींत हे जस्ताचे तुकडे घालून शेंगडींत उष्ण करितों. पहा, जस्त वितळून त्याचा रस झाला. बरें, हा रस पाण्यांत ओतून काय होतें तें पाहू. पहा, पाण्यांत ओतितोच तो घन झाला. तूप व मेण थंड होतांच दाट होतात हें तुम्हीं पाहिलेंच आहे. धातूचे रस करून थंड साचात ओतताच त्याचे घनपदार्थ होतात हेंही तुम्हांस माहीत आहे. ह्यावरून घनपदार्थ उष्णतेनें वाढतात इतकेंच नाही, तर घन पदार्थांचे पातळ पदार्थ होतात. पदार्थ घन असतां त्याच्या कणांत जें स्नेहाकर्षण असतें, तें उष्णतेनें बहुतेक नाहीसें होऊन त्यांस द्रवस्थिति येते. द्रवस्थितींत पदार्थांच्या कणांमध्ये स्नेहाकर्षण फारच थोडें असतें. कारण, पातळ पदार्थांच्या कणांस एकमेकांपासून सहज दूर लोटिता येतें. ह्यास्तव उष्णतेनें पदार्थांच्या कणांमधील स्नेहाकर्षणाचा नाश होतो, व कण एकमेकांपासून प्रतिसारित होतात. म्हणून उष्णतेसच [प्रतिसारण-शक्ति] असें म्हणतात. घनपदार्थ जसजसे उष्ण करितों, तसतसे त्याचे प्रथम आकार वाढतात व शेवटीं ते पातळ होतात. म्हणजे उष्णता जसजशी लावावी तसतशी त्या पदार्थांच्या कणांमधील स्नेहाकर्षणशक्ति निर्बल होऊन शेवटीं फार कमी होते. म्हणून उष्णतेचें कार्य स्नेहाकर्षक शक्तीच्या अगदीं उलट असून पदा-

थांतील उष्णता जसजशी कमी जास्त करावी त्या मानानें पदार्थ घन किंवा पातळ होतात. आतां कित्येक पदार्थांच्या कणांमधील स्नेहाकर्षण इतकें बळकट असतें कीं, त्यांचा जोर कमी करण्यास फार उष्णता लागते. उदाहरणार्थ, लोखंडाचा रस करण्यास फार उष्णता लागते. प्लातिना धानूचा रस करण्यास अतिशयच लागते. परंतु हवी तितकी उष्णता मिळाल्यावर त्यांचा रस व्हावयाचाच. धोंडे, मृत्तिका वगैरे कित्येकांचा रस होत नाहीं असें तुझांस वाटतें; परंतु त्यांसही हवी तितकी उष्णता मिळाल्यावर त्यांचेही रस व्हावयाचे. सारांश, तुम्हीं ही गोष्ट पक्की ध्यानात ठेवा कीं, घनरूप किंवा द्रवरूप हें सर्व-थैव उष्णतेवर अवलंबून आहे.

१५३. पातळ पदार्थांही उष्णतेनें प्रसरण पावतात; म्हणजे आकारानें वाढतात हें तुम्हीं पाहिलेंच आहे. त्यास आणखी उष्ण केल्यानें काय होतें तें पाहू. ह्या काचेच्या चबूत हा पळीभर दारूचा अर्क ईथर घालून उष्ण करितों. (आकृति २०६ पहा). पहा, तो कटू लागला; व कमीही होऊं लागला. परंतु चमत्कार पहा कीं, वर खालीं कोठें त्याचा भागमूस दिसत नाहीं. ह्यावरून प्रथम तुमच्या मनांत येईल कीं, उष्णतेनें ह्या पातळ पदार्थांचा नाश झाला; व पदार्थ नष्ट होत नाहीत म्हणून जें मीं तुझांस सांगितलें, तें निदान ह्या पदार्थांस तरी लागू नाहीं. परंतु सृष्टिशास्त्रांतील ज्या शक्ति व जे धर्म आहेत ते इतके नित्य आहेत कीं, त्यांचा कोणाच्या हातून नाश होणार नाही, व त्यांत बदलही होणार नाही. विस्तवाच्या आर्गी जो हात भाजण्याचा धर्म आहे, तो कोणाच्यानेंही नाहींसा करवणार नाही. असो. ह्या चबूत किंवा

त्याच्या आसपास ह्यातील जी पातळ दारू नाहीशी झाली त्याचा भागमूस डोळ्यांनी दिसत नाही. परंतु तें मीं आतां दुसऱ्या रीतीनें दाखवितों. ही काडी पेटवून ती चंबूच्या तोंडापाशीं नेतो आणि काय होतें तें पाहूं. पहा, एकदम भपकन जाळ जहाला. हवेंत दिवे जळतात; परंतु हवा कधीं अशी पेटत नाही. दारू पातळ असताना सुद्धा पेटते हें तुम्हीं पाहिलेंच आहे. ह्यावरून तोंडापाशीं दारूची वाफ होती व ती वाफ पेटली यात संशय नाही. ती वाफ फारच पातळ म्हणजे विरल होती झणून दिसली नाही; परंतु ती तेथें होती ह्यांत काहीं एक संशय नाही. असो. ह्या स्थळीं पातळ दारूची अगदीं अदृश्य अशी वाफ झाली. पातळ गंधकाचें काय होतें तें पाहूं. पहा, ह्याच्याही वाफा वर जाऊं लागतात. ह्या पहा पिवळ्या वाफा द्रवापासून वर जाताहेत ! आतां हें पाणी ह्या नळींत घालून उष्ण करितों. वाफा निघण्यापुरतें ऊन होण्यास थोडासा जास्त वेळ लागतो; परंतु पहा, पाण्यांतून एकसारख्या वाफा निघताहेत, व त्या आपणांस स्पष्ट दिसतात. पाणी तापत असताना व कढत पाणी थड जागीं आणल्यानें अशा वाफा निघताना तुम्ही नेहमीं पहातां.

ह्या प्रयोगांवरून पातळ पदार्थ उष्ण केले असता त्यांची वाफ होते, म्हणजे त्यास वायुरूप येतें हें तुम्हांस समजलें; व पूर्वीच्या प्रयोगावरून घनपदार्थ उष्ण केले, तर पातळ होतात हें समजलेंच आहे. ह्यास्तव उष्णतेनें घनपदार्थांचे प्रवाही (पातळ) पदार्थ होतात, आणि प्रवाही पदार्थांचे वायुरूप पदार्थ होतात. तसेंच घनपदार्थ उष्ण होत असता त्यांच्या कणांमधील स्नेहाकर्षणाचा जोर क्रमाक्रमानें कमी

पडत जातो. ह्मणून घन (अप्रवाही), पातळ (प्रवाही) आणि वाष्परूप (वायुरूप) ह्या तिहींपैकीं एका अमक्याच अवस्थेंत किंवा रूपांत जो पदार्थ असतो, तो केवळ त्यांतील उष्णता आणि स्नेहाकर्षण यांच्या मानानें असतो. ह्या तिहींपैकीं जी विशेष अवस्था प्राप्त होणें ती पदार्थांतील उष्णतेच्या प्रमाणावर अवलंबून आहे. पदार्थांतील उष्णतेपेक्षां स्नेहाकर्षणाचा जोर जेव्हां अधिक होतो, तेव्हां पदार्थ घनरूप धारण करितो. जेव्हा उष्णता आणि स्नेहाकर्षण यांचा जोर समान होतो तेव्हां पदार्थ पातळ किंवा प्रवाही रहातो; आणि जेव्हां उष्णतेचा ह्मणजे प्रतिसारण शक्तीचा जोर जास्त होतो तेव्हां पदार्थ वायुरूप धारण करितो.

१५४. सर्वच पदार्थ घनरूपातून वायुरूपांत जात असतां मध्यंतरीं द्रवावस्थेंत येतात असें नाही. कित्येक पदार्थ घनरूपांतून एकदम वायुरूपांत जातात; पण असे पदार्थ थोडे आहेत. लाकूड हें जळत असतां पातळ न होतां एकदम त्याचें वायुरूप होतें, तें तुम्ही पाहिलेंच आहे. कापराचे खडे उडून जातात हें तुम्हांस माहीत आहेच. आतां हा काळा पदार्थ आयोडीन घन आहे. याचे चार कण या मोठ्या चकूत घालून या दिव्यावर उष्ण करितों. (आकृति २०७ पहा). पहा, हा पदार्थ पातळ न होता एकदम त्यांतून वाफा निघू लागल्या. जसजशी उष्णता जास्त पोंचते तसतशा भांड्यांत सुंदर किरमिजी रंगाच्या वाफा जमूं लागल्या. पहा, इतक्यांत सर्व भांडें कसें गडद किरमिजी रंगाच्या वाफांनीं भरून गेलें. आतां हा दिवा काढून घेतों. ह्मणजे काय होतें तें पाहूं. पहा, जसजसें भांडें थंड होत चाललें तसतसे भांड्याच्या बाजूनीं काळे कण

जमत चालले. हा प्रयोग एवढ्याच करितां दाखविला कीं, पदार्थांची वाफ होताना सर्वच मध्यतरीं द्रवरूप धारण करितात असें नाहीं, व वायुरूपांतून घनरूपांत येत असतां सर्वच मध्यतरीं द्रवरूपांत येत नाहींत.

प्रकरण १५.

उष्णतामान आणि उष्णतामापक.

१५५. उष्णता झणजे काय व तिचीं पदार्थांवर काय काय कार्ये होतात, तें सांगितलें. ऊनपणाचें किंवा गरमपणाचें जें ज्ञान होतें त्यास उष्णता म्हणतात; व हें ज्ञान उष्णतेचा पहिला परिणाम होय. उष्णतेचा दुसरा परिणाम पदार्थांचें प्रसरण होय. आणि तिचा तिसरा परिणाम पदार्थांची स्थिति बदलणें हा आहे. म्हणजे घन, द्रव किंवा वायु ह्या तिहीं रूपांपैकीं जें अमकेंच रूप पदार्थांस प्राप्त होतें, तें त्यांतील उष्णतेवर अवलंबून असतें.

१५६. थंडी ही निराळी शक्ति नाहीं हें तुझास समजलेंच असेल. पदार्थ उष्णतेनें प्रसरण झाल्यावर त्यास थंड होऊ दिलें, झणजे त्यांतील उष्णता कमी होऊ दिली असतां ते आकुचन पावतात. तसेंच पाणी व वायु ह्यांचेही उष्णतामान कमी केल्यानें तेही आकुचन पावतात. त्यासच आपण थंडीनें आकुचन पावले असें म्हणतो. सारांश, उष्णता कमी करणें त्यासच थंडी असें म्हणतात. थंडी ह्या शब्दापासून उष्णतेचा अगदीं अभाव नव्हे, परंतु तिचा कमतरपणाचा बोध समजावयाचा.

ज्या पदार्थांत उष्णतेचा अगदीं अभाव आहे, असा पदार्थच विरळा असतो. सारांश, उष्णता कमी होणें ह्यासच आपण थंडी म्हणतो.

१५७. उष्णतामान.— समजा कीं, एक हांडाभर कढत पाणी आहे. त्यांतून एक पंचपात्रीभर पाणी निराळें काढिलें आणि दोन्हीं भांड्यांतील पाण्यांत हात घालून पाहिलें, तर दोन्हीं भांड्यांतील पाण्याचा गरमपणा सारखा हातास लागतो. परंतु हाडाभर पाण्यांतील एकंदर उष्णता पंचपात्रीभर पाण्यातील उष्णतेपेक्षा पुष्कळ आहे ह्यांत सशय नाहीं. असें असनां दोन्हीं पाण्यांतला गरमपणा सारखाच भासतो. यास्तव गरमपणाच्या ज्ञानावरून पदार्थांतील एकंदर उष्णतेचें ज्ञान होत नाहीं. पाणी किंवा दुसरा कोणताही पदार्थ ज्या मानानें हातास गरम लागतो, त्यास त्या पदार्थाचें उष्णतामान किंवा उष्णमान असें म्हणतात. पदार्थ जेव्हां हाताला गरम लागतो, तेव्हां त्या पदार्थांतल काहीं उष्णता हातात येते हें उघड आहे. ह्याकरितां ज्या मानानें एका पदार्थांतील उष्णता दुसऱ्या पदार्थांत जाऊं शकते, त्यास त्या पदार्थाचें उष्णतामान किंवा उष्णमान म्हणावें. अमुक पदार्थांत एकंदर उष्णता किती आहे हें कसें मापावें हें पुढें समजेल. तूर्त पदार्थाचें उष्णतामान कसें मापतात तें सांगतो.

१५८. उष्णतामान इंद्रियांनीं बरोबर समजत नाहीं.— उष्ण पदार्थांचा स्पर्श झाला म्हणजे गरमपणाचें ज्ञान होतें व थंड पदार्थांचा स्पर्श झाला म्हणजे थंडीचें ज्ञान होतें. यावरून तुम्हीं म्हणाल कीं, स्पर्शानें उष्णतामान समजेल. परंतु पदार्थाचें अमुकच उष्णतामान आहे, असें स्पर्शेंद्रियाच्या ज्ञानावरून

समजत नाही. कधीं कधीं तर इद्रियांनीं मुळेंच खरें ज्ञान होत नाही. जर आपण एका खोलींत गेलों आणि धातु, लांकूड व कपडा ह्यांस क्रमानें स्पर्श केला, तर तीन निरनिराळ्या प्रकारचे भास होतात. जर खोलींतील हवा उष्ण असली, तर कपडा थोडासा उष्ण लागतो, लांकूड त्याहून जास्त आणि धातु त्याहूनही अधिक गरम लागतात. परंतु जर खोलींतील हवा थंड असली, तर उलट भास होतात. धातु सर्वांत अधिक थंड लागतो. असे भिन्न जरी भास होतात, तरी सर्वांचें उष्णतामान सारखें, झणजे खोलींतील हवेच्या उष्णतामानाइतकेंच असतें. एक मनुष्य पन्हाळगडावरून खालीं येत असला आणि दुसरा खालून गडावर जात असला आणि त्यांची मध्यें एके ठिकाणीं गांठ पडली, तर त्या ठिकाणचें उष्णतामान एकच असतां, खालीं येणाऱ्यास गर्मीं होऊं लागते झणून तो आंगावरील कपडे काढू लागतो. परंतु खालून वर जाणाऱ्यास थडी वाजू लागते, ह्यामुळें तो गरम कपडे आंगावर घेऊ लागतो. ह्याचें कारण उघड आहे कीं, गडावरील हवा थंड होती आणि खालील हवा गरम होती. खालचा मनुष्य गरम हवेंतून थंड हवेंत जात होता व वरचा थंड हवेंतून गरम हवेंत येत होता; म्हणून त्यांस सदर प्रकारचे भास झाले. सारांश, आपल्या शरीरावरून खरें उष्णतामान समजत नाही. हिंवाळ्यांत जो दिवस गरम वाटतो तोच उन्हाळ्यांत अतिशय थंड वाटतो. ह्याविषयीं एक चमत्कारिक प्रयोग दाखवितों त्यावरून तुमची खात्री होईल कीं, इद्रियें उष्णतामान मापण्यास अगदीं अयोग्य आहेत.

ह्या भांड्यात बर्फ वितळून झालेलें अगदीं थंडगार पाणी आहे; व ह्या दुसऱ्या भांड्यात कढत पाणी आहे; आणि ह्या

तिसऱ्या भांड्यांत साधारण विहिरीचें पाणी आहे. प्रथम हा डावा हात या थंड पाण्यात बुडवितों, व उजवा हात या कढत पाण्यांत बुडवितों. आतां कांहीं वेळ हात बाहेर काढून नंतर ह्या तिसऱ्या पाण्यात दोन्ही बुडवितों. दोन्ही हातांस एकाच पाण्यापासून भिन्न भिन्न भास होतात. थंड पाण्यांत घातलेल्या हातास उष्णतेचा व कढत पाण्यांतल्या हातास थंडीचा असे भास होतात !

१५९. उष्णतामान मापण्यास कोणते पदार्थ व्यावे.— उष्णतेनें सर्व पदार्थ प्रसरण पावतात; तेव्हां पदार्थांच्या प्रसरणापासून उष्णतामानें मापितां येतात. मागील धड्यांतील प्रयोगांत तुम्हीं पाहिलें कीं, घन पदार्थ फार थोडे प्रसरण पावतात. बरें, वायु अगदीं थोड्या उष्णतेनें देखील फार प्रसरण पावतात; आणि हवेच्या जास्त कमी दाबानेंही ते प्रसरण व आकुंचन पावतात. म्हणून घनपदार्थ व वायुरूप पदार्थ अनुक्रमें अति उच्च उष्णतामानें व अति नीच उष्णतामानें मापण्यास कदाचित् उपयोगी पडतील. परंतु साधारण उष्णतामानें मापण्यास ते उपयोगी नाहींत. यास्तव मध्यमप्रमाणानें प्रसरण पावणारे जे प्रवाही पदार्थ तेच उष्णतामानें मापण्यास उपयोगी पडतात. आतां उष्णतामान मापण्यास कशा तऱ्हेचा प्रवाही पदार्थ असावा तें पाहू. ज्यापेक्षां प्रवाहीच्या प्रसरणावरून व आकुंचनावरून दुसऱ्या पदार्थांचें उष्णतामान मापण्याचें असतें, त्यापेक्षां तो पदार्थ असा असला पाहिजे कीं, तो यत्किंचित् उष्णतेनें प्रसरण पावला पाहिजे; व यत्किंचित् उष्णता कमी केल्यानें तो आकुंचन पावला पाहिजे. एका पदार्थांतील उष्णता ज्या जोरानें दुसऱ्या पदार्थांत शिरते त्यास उष्णतामान क्षणतात. म्हणून प्रवाहीत

अगदीं थोडी उष्णता शिरली, तरी त्याणें तो तत्काळ प्रसरण पावावा; आणि त्यांतील यत्किंचित् उष्णता दुसऱ्या पदार्थांत गेली तर तो आकुचित व्हावा. याशिवाय तो प्रवाही लवकर थिजणारा व लवकर कढणारा उपयोगी नाही. थोडीशी उष्णता कमी होताच थिजणारा पदार्थ असला, तर त्यानें नीच उष्णता-मानें मापतां येणार नाहीत, व थोडीशी उष्णता वाढविल्यानें कढू लागून त्याची वाफ होईल, तर त्यानें उंच उष्णतामानें मापता येणार नाहीत. यास्तव लवकर न थिजणारा व न कढणारा, आणि ज्यावर उष्णतेचीं कार्ये तत्काळ होतात असा प्रवाही उष्णतामान मापण्यास घेतला पाहिजे. असा पदार्थ कोणता आहे तो पाहूं.

१६०. सर्व पातळ पदार्थांत पारा उष्णतामान मापण्यास फार उपयोगी आहे. कारण, पारा पुष्कळ उष्णतामान कमी केल्याशिवाय थिजत नाही; व तें अतिशय वाढविल्याशिवाय कढत नाही, म्हणून पुष्कळ उष्णतामान मापण्यास हा उपयोगी आहे. पारा एकसारखा प्रसरण पावतो; व थोड्याशा उष्णतामानानें पुष्कळ प्रसरण पावतो. कमजास्त उष्णतामानांचीं पाण्यावर कार्ये फार जलद होतात; म्हणजे थोडेंसें उष्णतामान वाढविल्यानें तो उष्ण होतो, व थोडेंसें उष्णतामान कमी केलें, तर तो थड होतो. असा गुण दुसऱ्या पातळ पदार्थांत नाही. पाणी व दुसरे अनेक पातळ पदार्थ पाण्यासारखे लवकर गरम होत नाहीत, व लवकर थड होत नाहीत; हें तुम्ही मागील धड्यात जेव्हां पाण्याच्या प्रसरणाचा प्रयोग दाखविला तेव्हां पाहिलेंच. पाण्यास उष्ण होण्यास दिव्यावर पुष्कळ वेळ फुगा धरावा लागला. मागील एका प्रयोगांत हेंही तुम्हीं पाहिलें कीं, आल्को-

होल दाख पाण्याहून सुद्धां जलद प्रसरण पावली. परंतु ह्या दारवेचें थोडेंसें उष्णतामान वाढविलें कीं, तिची वाफ होऊं लागते; ह्मणून ह्याहून वरचीं उष्णतामानें मापण्यास हा पदार्थ उपयोगी नाहीं. पुष्कळ उष्णतामान कमी झाल्यावर मात्र पारा थिजतो, व पुष्कळ उष्णतामान वाढविल्यावर मात्र कढतो. म्हणून पाराच उष्णतामान मापण्यास घेतात. आतां आल्कोहोल लवकर कढतो ह्मणून तो उंच उष्णतामानें मापण्यास अगदींच उपयोगी नाहीं. परंतु नीच उष्णतामानें मापण्यास ह्याचा उपयोग फार होतो. कारण, हा पदार्थ मुळींच थिजत नाहीं; निदान अद्यापि कोणास थिजवितां आला नाहीं. ह्याकरितां नीच उष्णतामानें मापण्यास ह्या पदार्थाचींच उष्णतामापकें करितात. सारांश, बरी सर्व पातळ पदार्थ उष्णतेनें प्रसरण पावतात, ह्मणून पाहिजे त्या पातळ पदार्थांचें उष्णतामापकें करितां येईल, तरी सूक्ष्ममानें उष्णतामान मापतां येण्याकरितां, वर सांगितलेल्या कारणास्तव उष्णतामापकें करण्यास पाराच घेतात. आतां पाण्याचीं उष्णतामापकें कशीं करितात व त्याच्या योगानें उष्णतामानें कशीं मापितां येतात तें सांगतों.

१६१. उष्णतामापकें करणें.— थोडेंसें प्रसरण झालेलें कळण्यास एक बारीक नळी पाहिजे, ह्या तऱ्हेची एक फुगा असलेली ही नळी घेतली; (आ० २०८ पहा). आणि फुगा पाण्यानें भरला, तर फुगातील पारा उष्ण होतांच नळींत चढेल. परंतु फुगा हातांत धरल्यानें हातांतील जी उष्णता पाण्यास मिळेल तेवढ्यानें पारा चढणार नाहीं. कारण पारा फार आहे, व नळीची आंतील पोकळी मोठी आहे. ह्यास्तव फुगा फार लहान असून त्यात पारा थोडा पाहिजे; व नळीची पोकळी जेवढी कमी असेल

तेवढी पाहिजे. अशा प्रकारच्या बारीक नळ्या उष्णतामापकांस घेतात. हीं येथें चार उष्णतामापकें आहेत तीं पहा. फुगा अगदीं लहानशा सुपारीहूनही लहान आहे; व नळी तर दाभणाहून बारीक असून तिचें भोंक अगदीं बारीकशी सुई जाण्याजोगें आहे. माझ्याजवळ एक फुटक्या उष्णतामापकाची नळी आहे ती दाखवितों. त्यावरून नळी किती बारीक असते याची अटकळ होईल. ही पहा, ती नळी किती बारीक आहे! जाड्याशा सुईहून मोठी नाही. भोंक तर स्पष्ट दिसत सुद्धां नाही. आता ह्या नळीच्या भोंकाचें क्षेत्र सर्वत्र सारखें असलें पाहिजे. हें पहाण्याकरिता थोडासा पारा नळींत घेऊन व नळीस एक मानपट्टी लावून (आकृति २०९ पहा). नळीतील पारा निरनिराळ्या जागीं नळींत आडवा आणून सारखेच भाग व्यापितो किंवा नाही तें पहातात. अशी बारीक नळी पैदा करून तिचा फुगा पाण्यानें भरितात. ही कशी भरितात तें तुझांस मागील धड्यात कळलेंच आहे. फुगा व नळी सर्व उष्ण करून, आतील हवा विरल करितात. नंतर नळीचें तोंड पाण्याच्या पेल्यांत बुडविलें, झणजे नळीतील हवा थंड होऊन आकुचित होते व नळीतील पोकळींत पारा चढतो. मोठमोठ्या कारखान्यांत नळीच्या तोंडीं फुंकून गळती करितात व त्यातून पारा ओततात. (आकृति २१० पहा). फुगा भरून नळी थोडीशी भरण्यापुरता पारा नळींत गेला, म्हणजे फुगा दिव्यावर उष्ण करितात. पारा कढूं लागला झणजे नळीतील सर्व हवा जाऊन पाण्यावरील भाग प्रसरण पावलेल्या पाण्यानें भरतो. ह्याप्रमाणें नळी भरलेली असतां नळीचें तोंड वितळवून बंद करितात. नळी कशी बंद करितात हें दाखविण्याकरितां ह्या

फुकनळीने हा दिवा ह्या बारीक नळीचे शेवटावर फुकून बंद करून दाखवितो. (आकृति २११ पहा). पहा, फुकताच ज्योत कशी प्रकाशहीन झाली; परंतु तिचे उष्णतामान किती वाढलें ! नळी लाल भडक होऊन काच वितळली व नळीचे तोंड बंद झालें !

भाग पाडणें.— ह्याप्रमाणें नळी भरून बंद केलीं झणजे उष्णतामापक बहुतेक तयार झालें. आतां निरनिराळीं उष्णतामा-
नें मोजतां येण्यास नळीवर अंश झणजे भाग मांडिले पाहिजेत. हे अंश नळीवरच (ह्या उष्णतामापकावर आहेत तसे) खोदि-
तात, किंवा अंश पाडलेली लांकडी किंवा कागदाची पट्टी बस-
वितात. हीस मानपट्टी झणतात. हीं पहा, ह्या तऱ्हेचीं दोन उष्णतामापके. अंश मांडण्यास ज्या उष्णतामानाच्या इयत्ता सर्वत्र कल्पितात, त्या ह्या होत. (१) बर्फ वितुळण्याचें उष्णतामान; (२) पाण्याच्या कढण्याचें उष्णतामान. असें अनुभवास आलें आहे कीं, सर्व जागीं बर्फ वितुळण्याचें उष्णतामान सारखें असतें. ह्याकरितां एका भांड्यांत बर्फाचा चुरा भरून त्यांत उष्णतामाप-
काची नळी घालून काहीं वेळ ठेवितात. (आ० २१२ पहा). या अ जागीं बर्फ वितळून जें पाणी होतें, त्यास बाहेर जाण्यास द्वार असतें. ह्याप्रमाणें पारा ज्या ठिकाणीं उतरतो व स्थीर रा-
हतो, त्या ठिकाणीं कांचेच्या नळीवर हिऱ्यानें खांच पाडतात. ही बर्फ वितुळण्याची खूण झाली. पाणी सर्व ठिकाणीं सारख्या उष्णतामानावर कढत नाहीं. हवेचा दाब कमजास्त असेल त्याप्रमाणें कमजास्त उष्णतामानावर तें कढतें. झणून कढण्याचा बिंदु ठरविताना हवेचा दाब मनांत आणिला पाहिजे. हल्लीं जीं उष्णतामापके आम्हीं पहातो, तीं करतेवेळीं हवेचा दाब तीस

इंच घेतलेला असतो ह्मणजे समुद्राच्या पृष्ठभागी उष्णतामापकाची नळी आधणाच्या पाण्यांत बुडवितात, आणि येगेंकरून उष्णतेनें पारा प्रसरण पावून नळींत चढतो; आणि कढत्या पाण्याचें उष्णतामान त्यास मिळालें ह्मणजे, नळीतील पारा चढण्याचा बद होऊन स्थीर रहातो, त्या ठिकाणीं एक खांच पाडतात. ही खूण पाण्यास कढ येण्याची झाली. या बिंदूस कढाचा बिंदु म्हणतात; आणि वितुळत्या बर्फांत नळी घालून जी खांच पाडिली त्या बिंदूस बर्फ वितुळण्याचा बिंदु असें म्हणतात. ह्याप्रमाणें बिंदु ठरविल्यावर ती नळी पाहिजे त्या ठिकाणीं नेऊन वितुळत्या बर्फांत बुडविली, तर पारा बर्फ वितुळण्याच्या बिंदूइतकाच उतरतो कीं नाहीं तें पहातात. तसेंच समुद्राच्या पृष्ठभागीं कोठेंही नेऊन नळी कढत्या पाण्यांत बुडविली, तर पारा कढाच्या बिंदूइतकाच चढतो कीं नाहीं तें पहातात. असे दोन बिंदु ठरविल्यावर त्यांच्या मधील अंतराचे भाग पाडणें राहिलें. हे भाग निरनिराळ्या जागीं निरनिराळ्या रीतीनें पाडितात. इंग्लंड देशांत फारेनहीट नांवाच्या मनुष्यानें प्रथम उष्णतामापक केले व त्यानें सदर दोन बिंदूंमधील अंतराचे विभाग १८० केले; आणि बर्फ वितुळण्याचा बिंदु ३२ वा भाग करून पुढील १८० भागास ३३, ३४, ३५ अशीं नांवे दिलीं. ह्यामुळे त्याच्या उष्णतामापकाचा कढण्याचा बिंदु २१२ वा भाग झाला. ह्या भागांस अंश म्हणतात व ते आंकड्यांच्या डोक्यावर उजव्या बाजूस शून्य लिहून दर्शवितात. ह्याचा उपयोग इंग्लंडांत सर्वसाधारण आहे व तेथूनच आम्ही सर्व यंत्रें आणितों. ह्मणून ह्याच उष्णतामापकाचा ह्या देशांतही उपयोग करितात. ह्या उष्णतामापकाचा बर्फ वितुळण्याचा बिंदु ३२° वर

आणि कदाचा २१२° वर असतो. हीं पहा, फारेनहीटचीं उष्णतामापकें दोन तीन आहेत. जीं केवळ हवेचें उष्णतामान पहाण्यास केलेलीं असतात, त्यांवर सरासरी १२५ किंवा २०० पर्यंत मात्र भाग पाडलेले असतात. परंतु ज्याचा उपयोग उच्च उष्णतामानें मापण्यास रसायन शालेंत वगैरे करितात, त्यांवर ४००° किंवा ५००° मांडलेले असतात. कढण्याच्या व थिजण्याच्या बिंदूंच्या वर व खालीं त्यामधील भागाएवढेच भाग पाडितात.

१६२. फ्रान्स देशात ज्या उष्णतामापकाचा उपयोग करितात त्यांत बर्फ वितुळण्याचा बिंदु व पाणी कढण्याचा बिंदु ह्यामधील अंतराचे १०० भाग कल्पिले आहेत; व ह्याचा बर्फ वितुळण्याचा बिंदु ० अंश कल्पून तेथून १, २, ३ ह्याप्रमाणें १०० पर्यंत, १०० भागांवर अंश मांडलेले असतात. इंग्लंड या उष्णतामापकाचा कढण्याचा बिंदु १००° वर असतो. ह्या उष्णतामापकास सेंटिग्रेड (शतभाग) उष्णतामापक म्हणतात. मुख्यत्वेकरून ह्याचा उपयोग फ्रान्स देशांत व युरोपांतोळ दुसऱ्या देशांत करितात. याचा बर्फ वितुळण्याचा बिंदु ०° वर कल्पल्यानें व दोहों मुख्य बिंदूंमधील अंतराचे १०० विभाग केल्यानें हें उष्णतामापक सोईचें आहे, असें हल्लींच्या पंडितांचें मत आहे. ह्याचे १००° फारेनहीटच्या १८०° बराबर आहेत. परंतु जेथें फारेनहीट उष्णतामापकावर ३२° तेथें ह्या उष्णतामापकावर ०° असतात, व जेथें सेंटिग्रेड उष्णतामापकावर १००°, तेथें फारेनहीटवर २१२° असतात, ही गोष्ट पुरी लक्ष्यांत ठेविली पाहिजे. हा भेद ध्यानांत असला इंग्लंड एका उष्णतामापकाचे अंश कळले, म्हणजे त्रैराशिकानें दुसऱ्याचे अंश काढितां येतील. हीं दोन उष्णतामापकें येथें आहेत, तीं पहा. रूमरचें एक

तिसऱ्या तऱ्हेचें उष्णतामापक असतें. त्यांत बर्फ वितुळण्याचा बिंदु० कल्पिला असून बर्फ वितुळण्याचा व कढाचा बिंदु यांमधील जें अंतर त्याचे ८० विभाग केलेले असतात. यामुळे त्याचा कढाचा बिंदु ८०° असतो. म्हणून याचे ८० भाग फारेनहीटच्या १८० भागांबरोबर आणि सेंटिग्रेडच्या १०० भागांबरोबर असतात. याचा उपयोग मुख्यत्वे रूसदेशांत करितात. या आकृतींत हीं तिन्हीं यत्रें अंश मांडून दाखविलीं आहेत तीं पहा. (आ. २१३, २१४ आणि २१५ पहा).

एका उष्णतामापकाचे अश दुसऱ्या उष्णतामापकाच्या अशांत तत्काळ काढतां येण्याकरितां खालीं सारण्या दिल्या आहेत; त्यांवरून मी घालतो तीं उदाहरणें करा. फा, श, आणि रू हीं अक्षरें फारेनहीट उष्णतामापक, शतभाग उष्णतामापक आणि रूमरचें उष्णतामापक यांचे अंश दर्शविण्यास घेऊ.

$$\text{फा}^{\circ} = \frac{9}{5} \text{श}^{\circ} + 32.$$

$$\text{फा}^{\circ} = \frac{9}{5} \text{रू}^{\circ} + 32.$$

$$\text{रू}^{\circ} = \frac{5}{9} \text{श}^{\circ}.$$

उष्णतामापकाचे अंश वाचतांना वर सांगितलेला जो कल्पित शून्य बिंदु त्यापासून अंशांची गणना वर किंवा खालीं करितात. शून्य बिंदूच्या खालचे अश समजण्यासाठीं अशाच्यामार्गे असें (—) उणें चिन्ह लिहितात. जसें,—३८° वर पारा थिजतो. निरनिराळ्या उष्णतामापकांचे अश समजण्यासाठीं उष्णतामापकाच्या नावाचें पहिलें अक्षर अंशाच्या आकड्यापुढें लिहितात. जसें, ४०° फा; ५०° श; ३०° रू.

उदाहरणें.

(१). शतभाग उष्णतामापकात पारा २०° वर आहे, तर त्या

वेळी फारेनहीट उष्णतामापकावर पारा किती अंशावर असेल ?

उत्तर. ६८° फा.

(२). शतभाग उष्णतामापकाचे २५° आणि रूमरचे २०° यारोवर फारेनहीटचे किती अंश असतील ?

उत्तर. प्रत्येक ७७° फा. यारोवर आहे.

(३)- फारेनहीटच्या -३०° यारोवर शतभाग उष्णतामापकाचे किती अंश असतात ?

उत्तर. $३४^{\circ}४$ श.

(४). शतभाग उष्णतामापकाच्या -५०° यारोवर फारेनहीटचे किती अंश असतील ?

उत्तर. ५८° फा.

(५). फारेनहीटचे उष्णतामापक दोन द्रवात निरनिराळे बुडविले तेव्हा त्यात पारा अनुक्रमे १०° आणि ४५° वर होता. त्यांतच शतभाग बुडविले, तर त्यात किती अंशावर पारा असेल ?

उत्तर. $१२^{\circ}२$ श. आणि $७^{\circ}२$ श.

१६३. दिवसामध्ये अतिउच्च उष्णतामान केव्हा होतें, व अतिनीच केव्हा होतें, हें समजण्याकरिता साधारण उष्णतामापकाकडे एकसारखें पहात बसवें लागेल. परंतु असें न करिता अतिउच्च व अतिनीच उष्णतामाने आपोआप समजण्याकरिता दोन प्रकारची उष्णतामापके करतात. नीच उष्णतामान मापण्याचें उष्णतामापक आल्कोहोलाचें असतें व उच्च उष्णतामान मापण्याचें पाण्याचें असतें. दोहोंमध्येही बारीक तुकडे असतात व उष्णतामापके आडवी ठेवितात. जेथे ते तुकडे स्थिर असतील तेथे तें उच्च किंवा नीच उष्णतामान समजावें. नीच उष्णतामान मापण्याचें उष्णतामापक हें आहे. ह्यांत आल्कोहोल असून

नळींत हा पहा, कांचेच्या नळीचा बारीक तुकडा आहे. जेव्हा उष्णतामान कमी होतें, तेव्हा तुकडा ओला झाल्यानें दारबरोबर मार्गें जातो. परंतु दारू प्रसरण पावली म्हणजे तुकड्याच्या दोहों बाजूनीं ती पुढें जाते, व तुकडा मार्गें रहातो. म्हणून नीच उष्णतामान यावरून समजतें. पाण्याच्या उष्णतामापकांत लोखंडी तारेचा तुकडा असतो. तो पारा प्रसरण पावला म्हणजे त्याबरोबर पुढें सरकतो. परंतु पारा आकुचित होऊन मार्गें सरकला म्हणजे पारा मागच्या मार्गें जातो आणि तुकडा जेथपर्यंत पुढें सरकला असेल तेथेंच रहातो; व येणेंकरून दिवसामध्ये जितकें अतिउच्च उष्णतामान झालें असेल तें समजतें. (आकृति २१६ पहा). या आकृतींत दोन्ही उष्णतामापकें एका फळीवर बसविलेलीं दाखविलीं आहेत.

१६४. अंतरदर्शक उष्णतामापक किंवा भेदोष्णमापक.— दोन जवळजवळच्या स्थळांच्या उष्णतामानांतील अंतर पाहण्याकरितां सर जान लेस्लि यानें एक उष्णतामापक केले; व त्यावरून त्यास अंतरदर्शक उष्णतामापक हेंच नांव पडलें आहे. असलें हें उष्णतामापक पहा. (आकृति २१७ पहा). दोन फुगे असलेल्या कांचेच्या नळ्या एका बारीक काटकोनाकार वांकविलेल्या नळीस जोडलेल्या आहेत. आडवी नळी व उभ्या नळ्या निम्या भरतील इतकें लाल रंग दिलेलें सल्फ्युरिक आसिड नळींत घालून नळी बंद केलेली आहे. पाणी नळींत घातलें असतें तर त्यांतून वाफ निघून हवेंत मिसळली असती. सल्फ्युरिक आसिडापासून वाफ निघत नाही व नळींतील हवेंत कांहीं पाण्याची वाफ असल्यास आसिड शोषण करितें; आणि नळींत हवा अगदीं कोरडी राह-

ते. दोहो नळ्यांत सारख्या उचीवर द्रव आणून त्या ठिकाणी शून्य मांडितात. नंतर एका फुग्याचे उष्णतामान दुसऱ्यापेक्षां 10° जास्त करितात. येणेकरून उष्ण केलेल्या फुग्यातील हवा प्रसरण पावून द्रवास दुसऱ्या नळींत लोटील. द्रव दुसऱ्या नळींत कांहीं चढल्यावर स्थीर राहतो. कारण, जेव्हां प्रसरण पावलेल्या हवेचा दाब आणि दुसऱ्या फुग्यातील आकुंचित झालेल्या हवेचा दाब समान होतात, तेव्हां द्रव स्थीर होतो. त्या स्थळीं दोहो नळ्यांवर जेवढें उष्णतामान वाढविलें असेल तो आंकडा मांडितात. समजा कीं, तो अंक 10 मांडिला आहे. नंतर इतकें अंतर 0 पासून 10 समजून शून्याच्या वरच्या व खालच्या भागावर याममाणें अंश मांडितात. एक फुगा उष्ण केल्याबरोबर दुसऱ्यांत द्रव चढतो व दोहो उष्णतामानांचें अंतर समजतें. पहा, या फुग्यावर माझा हात ठेवितांच द्रव दुसऱ्या नळींत चढला. आतां स्थीर झाला. किती आकड्यापर्यंत चढून स्थीर झाला तें पाहू. 14° पर्यंत द्रव चढला आहे. तेव्हा हातानें एक फुग्याचें उष्णतामान 14° वाढलें. या यंत्रानें फार सूक्ष्म उष्णतामानातील अतरे समजतात.

१६५. पाऱ्याच्या उष्णतामापकाची मर्यादा.—ज्या द्रवांचा उष्णतामापकें करण्यास उपयोग करितां येईल त्या सर्वांत पाराच फार योग्य आहे. कारण (१) त्याचें प्रसरण व आकुचन नियमानें होतें. (२) थोडेंसे उष्णतामान वाढविल्याने त्याचें आकारमान फार वाढतें. (३) त्याची उष्णताधारक शक्ति थोडी असल्याने जलद उष्ण होतो व जलदी थंड होतो. (४) साधारण उष्णतामानावर त्यातून वाफ निघत नाही. (५) त्याचें फार उष्णतामान कमी केल्याशिवाय थिजत नाही व फार

वाढविल्याशिवाय कढत नाहीं, झणून बरींच मोठी व लहान उष्णतामानें मापितां येतात. तत्राप पाण्याचें उष्णतामापक पाहिजे तें उष्णतामान मापण्यास उपयोगी पडतें असें नाहीं. पारा -३८° फा. वर थिजतो आणि ६६०° फा. उष्णतामानावर कढू लागतो. म्हणजे दोहोंमधील अंतर अदमासें ७००° आहे. परंतु इतके अश सुद्धां यानें मापितां येत नाहीत. कारण, जसें पाण्याचें उष्णतामान थिजण्याच्या किंवा कढण्याच्या बिंदूजवळ येतें, तसें त्याचें प्रसरण व आकुचन सारख्या मानानें होत नाहीं. पाण्याच्या उष्णतामापकानें-३३° फा. उष्णतामानाखालचें उष्णतामान आणि ६००° फा. उष्णतामानावरचें उष्णतामान बरोबर समजत नाहीं. यास्तव याच पाण्याच्या उष्णतामापकाच्या मर्यादा होत.-३३° फा. खालचीं उष्णतामानें मापण्यास आल्कोहोलाचें उष्णतामापक घेतात, व ६००° फा. वरचीं उष्णतामानें मापण्यास अभिमापक किंवा हवेचें उष्णतामापक घेतात.

१६६. आल्कोहोलाचें उष्णतामापक.-या उष्णतामापकांत पाण्याच्या जागीं रगविलेला आल्कोहोल हा मद्यार्क घातलेला असतो. आल्कोहोल सुमारे १४०° फा. उष्णतामानावर कढतो. कढण्याच्या बिंदूजवळ जसजसें द्रवाचें उष्णतामान येतें त्याप्रमाणें अनियमितपणानें द्रव प्रसरण पावतो. त्या खालींही आल्कोहोलाचें प्रसरण पाण्यासारखें नियमित नसतें. आल्कोहोल लवकर थिजत नाहीं, म्हणून याची उष्णतामापकें फक्त अति नीच उष्णतामानें मापण्यास घेतात. पाण्याच्या उष्णतामापकावरून यावर कांहीं अश माडून बाकी त्या प्रमाणानें मांडलेले असतात.

१६७. अभिमापक.- शिसपेनेच्या दगडाचा एक जाडासारूळ घेऊन त्यास, उभें भोंक पाडितात. त्यात लोखंडाची किंवा

प्लाटिनमधातूची कांब घालितात. त्यावर चिनई मातीचा भाजलेला वाटोळा दृष्ट्या बसवितात, आणि सर्व यंत्र प्लाटिनमच्या पत्र्याने गुडाळून मजबूत करितात. शिसपेनेच्या दगडाच्या नळीच्या बाजूवर दोन पितळेच्या पट्ट्या असून त्याच्या वरच्या तोंडावर एक म पितळेचा काटा असतो. (आ. २१८पहा). तो वर दाबिला ह्मणजे त्याच्या टोंकाशी असलेल्या अंश माडलेल्या वर्तुळखंडावर फिरतो. कांब असलेली नळी उष्ण करितात, तेव्हा नळी व आंतील कांब दोन्ही प्रसरण पावतात. कांब प्रसरण पावली, ह्मणजे ती तिजवर असलेल्या चिनई मातीच्या दृष्ट्यास वर ढकलिते. तेणेकरून म काटा वर्तुळखंडावर फिरतो. ही वर्तुळखंडरूप मानपट्टी उष्णतामापकाच्या मानपट्टीवरून केलेली असते. या यंत्राने काबीचे उष्णतामानही समजते व त्या उष्णतामानावर कांब किती लांब झाली तेंही समजते. या यंत्राने अत्यंत उच्च उष्णतामाने मापितां येतात. या उष्णतामापकास ज्यानिभल याचा पायरोमिटर (अग्निमापक) असें ह्मणतात.

१६८. बर्फ वितुळण्याच्या बिंदूचे स्थलांतर.— पाण्याच्या उष्णतामापकाविषयीं एक चमत्कार घडतो तो तुझांस या प्रसंगी सांगून ठेवितों. पाण्याच्या उष्णतामापकावर अंश माडल्यावर बर्फ वितुळण्याचा बिंदु मूळच्या स्थळाच्या वर चढतो, आणि त्याप्रमाणे थोडथोडा चढत सुमारे ५ किंवा ६ महिनेपर्यंत चढून नंतर स्थीर होतो. या स्थळीं तो ३२°५४ फा. पासून ३२°९ फा. पर्यंत चढतो. इतका काळ, ह्मणजे उष्णतामापक तयार केल्यावर पांच सहा महिन्यांनी पुनः वितुळण्याच्या बर्फात उष्णतामापक घातले, तर ३२° फा. वर स्थीर न होता वर सांगितल्या ठिकाणापर्यंतच पारा उतरेल. याचे कारण असें

आहे की, उष्णतामापकाची नळी बंद करण्यापूर्वी पारा कढवितांना नळीचें उष्णतामान वाढतें. यामुळें कांचेचें सर्व आकुंचन होण्यास बराच काळ लागतो. पाच सहा महिन्यांनीं तें आकुंचन पुरें होतें, झणून वितुळण्याचा बिंदु वर चढतो. यास्तव उष्णतामापकाची नळी भरून बंद केल्यावर ६ किंवा ८ महिने तशीच ठेवून नंतर अश माडावे. म्हणजे वरील प्रकार घडत नाहीं.

१६९. कित्येक ध्यानात ठेवण्याजोगीं उष्णतामानें फारिन-हीटच्या व शतभाग मानपट्टीप्रमाणें सागतीं तीं लक्षात ठेवा.

| | फा. | श. |
|---|------|-------|
| अत्यंत कृत्रिम शीतता | -२२० | -१४० |
| अत्यंत स्वाभाविक शीतता. | -५६ | -४९ |
| पारा थिजतो. | -३९ | -३९.४ |
| बर्फ आणि मीठ याच्या मिश्रणाची शीतता. | -४ | -२० |
| बर्फ वितुळतें. | ३२ | ० |
| समुद्राचें पाणी थिजतें, | २७.५ | -३ |
| पाण्याचें परम दाढ्य. | ३९.२ | ४ |
| लंडनचे सरासरी उष्णतामान. | ४९.७ | ९.९ |
| मध्य रेबेवरील देशाचें सरासरी उष्णतामान. | ८१.५ | २७.५ |
| मुंबईचें सरासरी उष्णतामान. | ७८ | २५.५ |
| कोलापूरचें सरासरी उष्णतामान. | ७६ | २४.४ |
| रक्ताची उष्णता | ९८ | ३६.६ |
| पाण्याच्या कढाचा बिंदु. | २१२ | १०० |
| पान्याच्या कढाचा बिंदु. | ६६२ | ३५० |
| आरक्तोष्णता. | ९८० | ५.२६ |
| रुप्याचा रस. | १८७३ | १०२२ |
| विद्याचा रस. | २७८६ | १५३० |
| वान्याच्या भट्टीची अत्यंत उष्णता. ... | ३२८० | १८०४ |

१७०. उष्णतामान म्हणजे काय, आणि तें मापण्याची उष्णता-मापकें कशीं करितात तें सांगितलें. उष्णतामापकावर थिजण्याचा व कढण्याचा असे दोन मुख्य बिंदु असतात. परंतु त्या उष्णतामानावर सर्व पदार्थ थिजतात व कढतात असें मात्र समजूं नये. पाण्याच्या थिजण्याचा एक व कढण्याचा एक असे दोन हे बिंदु आहेत, हें पुरें लक्षांत ठेवावें. आणखीं ही गोष्ट लक्षांत ठेविली पाहिजे कीं, उष्णतामापकानें पदार्थांचें उष्णतामान मात्र कळतें, परंतु त्यांत एकंदर उष्णता किती आहे तें कळत नाहीं. पूर्वी सांगितलेंच कीं, एक हांडाभर व एक पंचपात्रीभर कढत पाणी घेतलें आणि दोहोंतही उष्णतामापक घातलें, तर त्यात पारा सारख्याच उंचीवर चढेल. परंतु पंचपात्रीभर पाण्यात जितकी एकंदर उष्णता असेल, त्याहून हांडाभर पाण्यांत उष्णता अधिक असेल हें सागावयास नको. ह्याकरितां ही गोष्ट पुरी लक्षांत ठेवावी कीं, उष्णतामापकानें उष्णता मापितां येत नाहीं. फक्त उष्णतामान मापितां येतें. उष्णता कशी मापावी तें पुढें विशिष्ट उष्णतेच्या प्रकरणीं समजेल. कोणत्याही पदार्थांचें उष्णतामान मापणें झाल्यास उष्णतामापकाचें बॉड त्या पदार्थांस लाविलें, म्हणजे उष्णतामापकातील पाण्यात पदार्थांतील उष्णता येऊन पारा चढेल व पदार्थांचें उष्णतामान कळेल. पदार्थ पातळ किंवा वायुरूप असला, तर त्यांत उष्णतामापक बुडवावें. कोणत्याही खोलींतील किंवा दुसऱ्या स्थळाच्या हवेचे उष्णतामान मापणें असल्यास भिंतीशीं किंवा खाबाशीं उष्णतामापक टागतात; परंतु तसें करण्यानें चूक होण्याचा संभव असतो. कारण, जर भिंतीचा बाहेरील हवेशीं किंवा दुसऱ्या पदार्थांशीं संबंध असला, किंवा भिंतीवर वारा थडकत असला आणि तो उत्तरेकडोल वारा

असला, तर ती अधिक थंड होऊन उष्णतामापक जास्त उतरेल. किंवा सूर्यकिरणानें भित जास्त उष्ण होऊन उष्णतामापकांतील पारा चढेल, आणि या अडचणीनें हवेचें खरें उष्णतामान कळणार नाही. यास्तव हवेचें उष्णतामान बरोबर समजण्यास इतर पदार्थांपासून उष्णतामापक अधांतरीं उघड्या हवेंत सावलींत टागिलें पाहिजे.

प्रकरण १६.

प्रसरण व आकुंचन आणि प्रसरणगुणक

१७१. पाण्याचें अनियमित प्रसरण व आकुंचन.—

पूर्वी सांगितलें कीं, उष्णतेनें पदार्थ प्रसरण पावतात व उष्णता कमी केल्यानें ते आकुंचित होतात. ह्या सर्वसाधारण नियमास पाणी व दुसरे काहीं पदार्थ अपवाद आहेत. पाणी उष्णतेनें सर्वदां प्रसरण न पावतां विशेष उष्णतामानावर आकुंचित होतें; व उष्णता कमी केल्यानें सर्वदां आकुंचन न पावतां प्रसरण पावतें. पहा, बर्फाचा तुकडा पाण्यांत टाकिला तर पाण्यांत तरगतो. तेव्हां एवढ्या आकाराच्या पाण्याहून त्यापेक्षां कमी उष्णतामानाचें बर्फ हलकें असतें हें उघड आहे. परंतु पाण्याचे कण स्नेहाकर्षणानें एकत्र चिकटून घन बर्फ बनलें आहे; असें असून तें प्रवाही पाण्याहून हलकें असावें, हा चमत्कार आहे. पाण्यावर उष्णतेचीं कायें फार चमत्कारिक घडतात. पाणी घेऊन त्याची उष्णता कमी करू लागलें, तर तें आकुंचित होत होत त्याचें उष्णतामान ३९.२° फा. होई तोपर्यंत आकुंचनच पावतें. परंतु पुढें आणखी उष्णता कमी केल्यानें आकुंच-

चन न पावतां आकारानें वाढतें. आणि त्याचें उष्णतामान ३२° फा. पर्यंत उतरलें म्हणजे आणखी जास्त प्रसरण पावतें आणि पाणी गोठून त्याचें बर्फ होतें. तसेंच बर्फ किंवा ३२° फा. उष्णतामानाचें पातळ पाणी घेऊन उष्ण केले, तर त्याचें उष्णतामान ३९° २ होईपर्यंत तें आकुचन पावतें. व पुढें ३९°-२ फा. उष्णतामानाचें पाणी आणखी उष्ण केले, म्हणजे साधारण नियमाप्रमाणें प्रसरण पावतें. म्हणून ३९° २ उष्णतामानाचें पाणी उष्ण केले किंवा थंड केले तरी प्रसरण पावतें. तेव्हा ३९° २ फा. उष्णतामानावर पाणी अतिशय दाट असतें. ह्यास्तव ह्या उष्णतामानावर पाणी असलें म्हणजे तें परमदाढ्यविर आहे असें म्हणतात.

१७२. पाण्याचें अनियमित प्रसरण व त्याचें परमदाढ्य.— ही गोष्ट ह्या यंत्रानें प्रत्यक्ष दिसते. हें कथिलाचें उभें पंचपात्र आहे. ह्यास ह्या बाजूनें हीं दोन अ, ब भोंकें आहेत. ह्यात हीं दोन उष्णतामापकें बसविलीं आहेत. ह्या दोन भोंकांमध्ये हा क पन्हळ आहे. (आकृति २१९ पहा) पंचपात्रांत हें ७५° अंश उष्णतामानाचें पाणी भरिलें आहे आता मधल्या पन्हळांत बर्फाचा चुरा व मीठ घातलें म्हणजे पुढील गोष्टी दृष्टीस पडतात. मधल्या शीतताजनक मिश्रणानें मधलें पाणी थंड होतें. थंड होऊन बड झाल्यामुळे भांड्याच्या तळाशीं जातें, व तळचे हलकें पाणी वर घेतें. ह्यामुळे तळाशी थंड पाणी जमते व तेणेंकरून बुडाजवळच्या उष्णतामापकांतील पारा उतरतो. पन्हळावरचें हलकें पाणी जसेंच तसेंच वर रहातें; व ह्यामुळे वरच्या उष्णतामापकांत काहीं फेरफार होत नाही; याप्रमाणें शीतताजनक व्यापार एकसारखा पन्हळा-

खालील सर्व पाण्याचें उष्णतामान $३९^{\circ} २$ वर येईपर्यंत चालतो. पुढें तें पाणी आणखी शीत केल्यानें प्रसरण पावून हलकें होतें व वर येतें, तेणेंकरून पन्हाळावरील उष्णतामापकांतील पारा उतरू लागतो; परंतु खालचें उष्णतामापक जशाचें तसें रहातें. ह्यावरून पाण्याचें उष्णतामान $३९^{\circ} २$ पर्यंत उतरत असता तें आकुचन पावतें. परंतु त्यापुढें उष्णतामान उतरल्यानें प्रसरण पावतें हें प्रत्यक्ष सिद्ध होतें. हें भांडें कांचेचें असलें म्हणजे पाण्याचें खाल वर जाणें स्पष्ट दिसतें.

ह्याप्रमाणें जर ह्या पचपात्रांत ३२° उष्णतामानाचें पाणी भरून पचपात्र गरम खोलींत ठेविलें, तर पचपात्राच्या बाजूचें पाणी उष्ण होईल, आणि उष्ण झालेलें पाणी $३९^{\circ} २$ वर येईपर्यंत खालीं जाईल. कारण, तोंपर्यंत पाणी आकुचन पावून जड होतें. म्हणून खालच्या उष्णतामापकांतील पारा $३९^{\circ} २$ वर चढेल; परंतु वरचें उष्णतामापक ३२° वरच राहील.

१७३. याचा सृष्टींत उपयोग.— पाण्याच्या आर्गी हा चमत्कारिक व असाधारण धर्म आहे म्हणून सृष्टींत ह्यापासून केवढा उपयोग होत आहे तो पहा. थंड देशांत हिंवाळ्यांत पाणी गोठू लागलें म्हणजे प्रथम पाणी जड होऊन तळीं जातें व तळचे हलकें पाणी पृष्ठभागीं येतें. ह्याप्रमाणें सर्व पाण्याचें उष्णतामान $३९^{\circ} २$ फा. होईपर्यंत हा क्रम चालतो. त्यापुढें आणखी पाणी थड होऊ लागलें तर पाणी फुगतें, म्हणून तें हलकें होतें. ह्यास्तव तें पृष्ठभागींच राहून तेथें त्याचें बर्फ वनतें. येणेंकरून थड प्रदेशांत हिंवाळ्यांत नद्या, तळीं, समुद्र वगैरेंच्या पृष्ठभागीं बर्फाचें आच्छादन होऊन त्या खालचें पाणी $३९^{\circ} २$ फा. उष्णतामानाचें राहून त्यांत मत्स्यादि जल-

चरास रहातां येतें. असा अप्रतिम धर्म पाण्याच्या आंगां नसता, तर सर्वच पाणी गोठून गेलें असतें, आणि त्यांतील असख्य जीवजंतूंचा नाश झाला असता. इतकेंच नाही, तर सर्वच बर्फ बनल्यानें उष्णतेनें फक्त पृष्ठभागाचें बर्फ वितळलें असतें, व तें हलकें असतें, तर पृष्ठभागाचें राहून तळचें बर्फ कधींच वितळलें नसतें; व बर्फाचे खडकच तळीं नित्य रहाते. परंतु पाण्याच्या ह्या अपवादांमुळे सर्व पाणी कधींच गोठत नाही व पृष्ठभागाच्या बर्फापासून काहीं अशीं त्या खालील जलचरांचें थंडीपासून संरक्षण होतें.

१७४. गोठणाऱ्या पाण्याच्या प्रसरणाचा जोर -

३९.२ फा. उष्णतामानाहून पाण्याचें उष्णतामान कमी केल्यावर गोठतांना त्याचा फुगण्याचा जोर इतका असतो कीं, तें येणेंकरून सृष्टींत अनेक फेरफार होतात. खडकांत किंवा डोंगरांच्या भेगांत पाणी सांचलें आणि तें गोठलें, तर तें इतक्या जोरानें फुगतें कीं, खडकास व डोंगरांस येणेंकरून मोठमोठ्या भेगा षडतात. बोटभर ओतींव लोखडी, किंवा पितळेचो नळी घेतली आणि ती पाण्यानें भरून तिचें तोंड स्कूने किंवा डांक घालून गच्च बंद केलें, आणि जर ती नळी मीठ व बर्फ ह्यांच्या मिश्रणांत ठेविली, तर नळींतलें पाणी गोठून बर्फ होतेवेळीं तें इतक्या जोरानें फुगतें कीं, तें नळीस फोडून बाहेर पडतें. (आकृति २२० पहा).

या आकृतींत पाणी गोठत असतां जी फुग येते तिच्या जोरानें लोखडी नळी कशी फुटते हें दाखविलें आहे. याच तऱ्हेचा एक प्रयोग अमेरिकेंतील क्लिव्हिक शहरीं मेजर उइल्-यम्स यानें केला होता. त्याणें एक १२ इंच व्यासाची वाटो-

ळी शिंप घेऊन तीत पाणी भरलें. नंतर तिच्या तोंडास लांकडी गुडदी खूब ठोकून गच्च बसविली, आणि ती शिंप हवेंत ठेविली. त्यावेळीं हवेचें उष्णतामान -12° फा. होतें. आंतील पाणी थिजलें आणि गुडदी अशा जोरानें निघाली कीं, ती जाऊन सुमारे १५० हातांवर पडली व भोंकांतून सुमारे ८ इंच उचीची बर्फाची कांडी बाहेर आली. हाच प्रयोग त्याणें पुनः केला. तेव्हां शिंपेचीं दोन भकलें होऊन चिरींतून बर्फ बाहेर आलें (आकृति २२१ पहा).

हा प्रयोग तुम्हांस करून पहाणें असल्यास नारळाच्या सबंद कवचास भोंक पाडून त्यांत पाणी भरून भोंक गुडदीनें गच्च बंद करावें; आणि मीठ व बर्फाचा चुरा एका पातेल्यांत भरून त्यांत नारळ बुडवावा. म्हणजे पाणी गोठून फुगेल व वरील चमत्कार दृष्टीस पडेल.

१७५. दुसरे अनियमित प्रसरण पावणारे पदार्थ.— पाण्याशिवाय दुसऱ्याही कांहीं पदार्थाच्या आंगां घन होते-वेळीं फुगण्याचा धर्म आहे. ओर्तीव लोखंड, विस्मथ, अंटीमनी, टैप पाडण्याची मिश्र धातु हे धातु द्रवरूपांतून घनरूपांत जाणांना फुगतात. याच कारणास्तव यांचा रस साचात ओतल्यावर तो थंड होतांना फुगतो आणि सांचाच्या कोना-कोपऱ्यांत गिरून ठसे चांगले उमटतात. म्हणून ओर्तीव लोखंडाचें पाहिजे त्या आकाराचें व नक्षीचें काम ओतून करिता येतें. तसेंच छापण्याचे खिळे हवे तितके लहान व हवीं तितकीं बारीक अक्षरे उमटलेले करितां येतात. सोनें, रुपें, तांबें वगैरे धातु शीत झाल्यानें आकुंचन होतात. म्हणून यांचीं ओतून नाणीं पाडितां येत नाहींत. त्यांवर ठसे दाबानेंच उमटवावे लागतात.

१७६ प्रसरणगुणक.- पूर्वी सागितलें व प्रत्यक्ष प्रयोगाने दाख-
विलें कीं, निरनिराळे धातु व निरनिराळे द्रव निरनिराळ्या प्रमाणाने
प्रसरण पावतात. कोणताही भरीव किंवा पातळ पदार्थ घेऊन त्यास वि-
वक्षित उष्णतामान दिलें, तर त्याचा आकार विवक्षित प्रमाणाने वाढतो;
व त्या वाढीचा मूळच्या आकाराशीं कांहीं नियमित संबध असतो. प-
दार्थास विवक्षित उष्णतामान दिल्यानें तो आपल्या मूळच्या लांबीच्या,
क्षेत्राच्या आणि आकारमानाच्या पूर्ण किंवा अपूर्ण पटीने वाढेल, म्हण-
जे तो अधिक लांब होईल, क्षेत्राने वाढेल आणि आकारमानानेही
वाढेल. पदार्थाचा मूळचा आकार व विवक्षित उष्णतामानानें जास्त
वाढलेला आकार यांमधील जें प्रमाण त्यास त्या पदार्थाचा प्रसरण-
गुणक म्हणतात. पदार्थाचें उष्णतामान 32° फा उष्णतामानापासून
 212° फा. उष्णतामानापर्यंत चढवून मूळच्याहून पदार्थाची लांबी
किती जास्त झाली ती काढून, वाढलेल्या लांबीस मूळच्या लांबीनें
भागतात. जो भागाकार येईल तो 100° फा. उष्णतामानाचा त्या
पदार्थाचा प्रसरणगुणक होतो. त्यास आणखी 100 नीं भागिलें, म्हणजे
प्रत्येक अंशाचा प्रसरणगुणक येईल. जर 32° फा उष्णतामानावर पाच
फूट लांबीची धातूची काब 212° फा. उष्णतामानावर $5\frac{1}{2}$ फूट
झाली, तर तिची वाढ $\frac{1}{2}$ फूट आहे, त्यास मूळची लांबी ५ फूट
यानीं भागिलें म्हणजे $\frac{1}{10}$ भागाकार आला, हा त्या कांबीचा प्रसरण-
गुणक झाला. जर 32° फा. उष्णतामानावर १ फूट लांबीची काब
 212° फा. उष्णतामानावर $1\frac{1}{100}$ फूट होईल, तर तिचा प्रसरणगुणक
 $\frac{1}{100}$ होईल. जर $55\frac{1}{2}$ घनइंच पारा त्याचें उष्णतामान 32° फा.
उष्णतामानापासून 212° फा. उष्णतामानापर्यंत चढविल्यानें $56\frac{1}{2}$
घनइंच होतो, तर 100° फा. अशास पाराचा प्रसरणगुणक
 $\frac{56\frac{1}{2}-55\frac{1}{2}}{55\frac{1}{2}} = \frac{1}{100}$ होईल.

१७७. भरीव पदार्थांचे प्रसरणगुणक.- घनपदार्थांचे अनेक
रीतीनें फक्त लांबीचेंच प्रसरण मापून विवक्षित उष्णतामानानें पदार्थ
लांबीनें किती वाढतो याचें प्रमाण काढतात व अशा अनेक प्रयोगाची

सरासरी घेऊन प्रसरणगुणक ठरविण्यात आले आहेत ते गुणक खालील कोष्टकात दिले आहेत. ३२° फा. उष्णतामानावर जी पदार्थाची लांबी असते तिचा कितवा भाग २१२° फा पर्यंत उष्णतामान वाढविल्याने पदार्थ अधिक लांब होतो ते दर्शविणारे अपूर्णक दिले आहेत.

| | | | |
|-------------------------|------------------|---------------------|------------------|
| गारेची काच | $\frac{9}{9288}$ | ओतींव लोखंड. | $\frac{9}{888}$ |
| शिसें असलेली हलकी काच | $\frac{9}{987}$ | शिसें | $\frac{9}{359}$ |
| तांबे. | $\frac{9}{589}$ | कथील. | $\frac{9}{862}$ |
| पितळ | $\frac{9}{535}$ | रुपे | $\frac{9}{528}$ |
| धावडी लोखंड | $\frac{9}{892}$ | तानें. | $\frac{9}{682}$ |
| पाणी दिलेलें पोलाद. ... | $\frac{9}{227}$ | प्लाटिनम. | $\frac{9}{9967}$ |
| साधें पोलाद. | $\frac{9}{807}$ | जस्त | $\frac{9}{385}$ |

१७८. पदार्थ उष्ण केल्याने फक्त लांबीनेच वाढतो असें नाही. तो क्षेत्रानें व आकारमानानेंही वाढतो. म्हणजे उष्ण केलेल्या पदार्थाच्या पृष्ठभागाचे क्षेत्र जास्त असतें व त्याचें घनफळही जास्त होतें. या वाढीचे निराळे प्रसरणगुणक असले पाहिजेत. वरील कोष्टकांत कित्येक पदार्थाची विवक्षित उष्णतामानानें लांबी किती वाढते त्याचे गुणक दिले आहेत. त्यावरून क्षेत्राच्या वाढीचे व आकारमानाच्या वाढीचे गुणक काढता येतात. साधारणपणें क्षेत्राची वाढ लांबीच्या वाढीच्या दुप्पट आणि आकारमानाची वाढ तिप्पट असते. म्हणजे जर १०००° फा. उष्णतामान वाढविल्याने पदार्थाची लांबी दुप्पट होईल, तर त्याचें क्षेत्र चौपट होईल व घनफळ सहापट होईल. हा सिद्धांत कितपत खरा आहे तें पाहू.

समजा की एक चौरस पत्रा घेतला. त्याच्या बाजूची लांबी १ कल्पिली; आणि त्याचा लांबीचा प्रसरणगुणक α कल्पिला. तर α गुणक ज्या उष्णतामानाचा आहे, तितकें उष्णतामान पत्र्याचें वाढविल्याने पत्र्याच्या बाजूची लांबी $1 + \alpha$ होईल. इतकी प्रत्येक बाजूची लांबी झाली, तर त्याचें क्षेत्र $(1 + \alpha)^2 = 1 + 2\alpha + \alpha^2$ होईल. प्रसरणगुणकाचें वर कोष्टक दिले आहे, त्यावरून स्पष्ट आहे की, प्रसर-

णगुणक हा फार लहान असा अपूर्णोक्त असतो. अशा अपूर्णोक्ताचा वर्ग फारच लहान होईल यास्तव वरील क्षेत्रातून प्र^३ मुळींच काढून टाकिला तर फारशी चुकी होणार नाही. म्हणून पत्र्याचें वाढलेलें क्षेत्र १+२ प्र मानण्यास हरकत नाही यास्तव क्षेत्रात वाढ २ प्र म्हणजे लांबीच्या वाढीच्या दुप्पट झाली तसेंच पत्र्याच्या लांबीरुदीचा औरस-चौरस घन तुकडा घेतला; त्याची प्रत्येक बाजू उष्णतामान वाढविल्यानें १ + प्र होईल, आणि उष्ण केल्यावर त्या तुकड्याचें घनफळ किंवा आकारमान $(१ + प्र)^३ = १ + ३ प्र + ३ प्र^२ + प्र^३$ होईल. यांत प्र^२ आणि प्र^३ आहेत ते फारच लहान असतील. यास्तव ते काढून टाकले असता त्या तुकड्याचें घनफळ १ + ३ प्र होईल म्हणजे तुकड्याचें आकारमान लांबी वाढली त्याच्या तिप्पट जास्त वाढलें. यास्तव लांबीच्या वाढीच्या प्रसरणगुणकाच्या दुप्पट क्षेत्राच्या वाढीचा गुणक असतो आणि तिप्पट आकारमानाच्या वाढीचा गुणक असतो.

१७९. प्रसरणगुणक माहित असला म्हणजे त्या पदार्थाचा आकार विवक्षित उष्णतामान दिल्यानें किती वाढेल हें काढता येईल. हे एकदम काढण्याची सारणी सांगतो ती लक्षात ठेवा वरील कोष्टकांत जे प्रसरणगुणक दिले आहेत, ते १८०° फा. उष्णतामान वाढविल्यानें जेवढा आकार वाढतो त्याचे गुणक आहेत त्यास १८० नी भागिलें म्हणजे प्रत्येक अंश उष्णतामानाचा प्रसरणगुणक निघेल. असा प्रत्येक अंश उष्णतामानाचा प्रसरणगुणक प्र आहे असें घेऊं.

जर ०° उष्णतामानावर कांबीची लांबी ल. असेल आणि प्रत्येक अंशाचा प्रसरणगुणक प्र असेल, आणि जर उ° उष्णतामान त्या कांबीचें वाढविलें, आणि तिची वाढलेली लांबी ल' समजली, तर,—

$$ल' = ल. + ल. प्र उ^{\circ}$$

किंवा. $ल' = ल. (१ + प्र उ^{\circ})$

जर उ° उष्णतामान कांबीचें वाढविलें तेव्हा तिची लांबी ल' झाली, तर,—

$$ल' = ल. (१ + प्र उ^{\circ})$$

या समीकरणास वरच्या समीकरणानें भागिलें, तर,-

$$\frac{l'}{l} = \frac{l \cdot (1 + \mu \tan^2 \theta)}{l \cdot (1 + \mu \tan^2 \theta)} = \frac{1 + \mu \tan^2 \theta}{1 + \mu \tan^2 \theta}$$

$$l' = l \frac{1 + \mu \tan^2 \theta}{1 + \mu \tan^2 \theta} = l \left\{ 1 + \mu (\tan^2 \theta - \tan^2 \theta) \right\}$$

या सारणीवरून जर एकाद्या पदार्थाची लांबी उ उष्णतामानावर ल असेल, आणि प्रसरणगुणक μ असेल, तर त्याची θ उष्णतामानावरील l' लांबी काढता येईल. यावरून क्षेत्र व घनफळही काढता येईल. फक्त μ च्या ठिकाणी २ μ आणि ३ μ घेतले झणजे झालें.

उदाहरणें.

(१) १० फूट लांबीची 70° फा उष्णतामानाची लोखंडी कांब आहे तिचें उष्णतामान 10° श. पर्यंत वाढविलें तर तिची लांबी काय होईल ?

$$10^\circ \text{ श} = (10 \times \frac{5}{9} + 32)^\circ \text{ फा.} = 97.6^\circ \text{ फा.}$$

$$l' = l \left\{ 1 + \mu (\tan^2 \theta - \tan^2 \theta) \right\} = 120 \left\{ 1 + \frac{9}{8000} \times \frac{9}{8000} (97.6 - 70) \right\} \\ = 120 + \frac{9 \times 120 \times 9 \times 27.6}{8000 + 8000} = 120.062 \text{ इंच.}$$

(२) जस्ताची कांब वितुळणाऱ्या बर्फावर ठेविली तेव्हा १२० इंच भरली. तीच कांब कढत्या पाण्यात बुडविली, तर तिची लांबी काय भरेल ?

$$उ १२०.३४७८ \text{ इंच.}$$

(३) एक पितळेचा गोल 70° फा उष्णतामानावर ४ घनइंच असतो. तर त्याचें उष्णतामान 90° श पर्यंत वाढविलें, तर त्याचें आकारमान किती वाढेल ? उत्तर. ०.१४४ घनइंच.

(४) छपरावर घालण्याचा जस्ती पत्रा 50° फा. उष्णतामानावर ६ फूट लांब आणि ३ फूट रुंद आहे. उष्णतामान 120° फा. पर्यंत वाढलें, तर त्याचें क्षेत्र किती वाढेल ?

$$उत्तर. ५.८३२ \text{ चौरसइंच.}$$

(५). कोलापूर शहरां पाणी येण्याचा ओतींव लोखंडी नळ आहे. त्याची ५०° फा. उष्णतामानावर २ मैल लांबी असते, तर तो १२०° फा. उष्णतामानावर किती अधिक लांब होईल ?

उत्तर. ११५ फूट.

(६). वसईचा लोखंडी पूल ५०° फा. उष्णतामानावर ४३१२ फूट लांब असतो. मागील उदाहरणातल्या इतकेंच त्याचें उष्णतामान वाढविलें, तर त्याची लांबी किती वाढेल ?

उत्तर. २०४७ फूट.

(७). ८०° फा. उष्णतामानावर लकड्याच्या चाकाच्या धावेचा व्यास ४ फूट आहे. धावेचें उष्णतामान १०००° श. पर्यंत वाढविलें, तर व्यास किती होईल ?

उत्तर ४०४७ फूट

१८०. प्रवाही पदार्थांचे प्रसरणगुणक.— प्रवाही पदार्थ एखाद्या भरीव पात्राच्या पोकळीत ठेवावे लागतात उष्णतेनें भरीव व प्रवाही दोन्ही प्रसरण पावतात. यास्तव प्रवाही पदार्थांच्या दोन प्रकारच्या प्रसरणाविषयीं विचार केला पाहिजे.

१. दृश्यप्रसरण आणि २ केवलप्रसरण — जेव्हा पात्रातील द्रव प्रसरण पावतो, तेव्हा प्रसरण पावलेल्या पात्रात जें द्रवाचें प्रसरण दिसतें त्यास दृश्यप्रसरण झणतात. कारण, पात्र प्रसरण पावल्यामुळे द्रवाचें वास्तविक प्रसरण समजत नाहीं. पात्राच्या प्रसरणाचा संबंध नसतां जें द्रवाचें वास्तविक प्रसरण, त्यास केवलप्रसरण झणतात. द्रव पदार्थ बहुधा काचेच्या भाड्यांत उष्ण करून त्याचे दृश्यप्रसरण-गुणक काढलेले असतात; झणून त्या गुणकात कांचेचा प्रसरणगुणक मिळविला झणजे द्रवाचा केवलप्रसरणगुणक समजतो.

द्रवांचें दृश्यप्रसरण काढण्याचें यंत्र.— ही एक लहान तोंडाची नळी आहे. (आकृति २२२ पहा). ही नळी रिकामी असता तिचें वजन करितात. नंतर तिजमध्ये ३२° उष्णतामानाचा द्रव भरून तिचें वजन करितात मग तिचें उष्णतामान २१२° पर्यंत चढवितात येणेंकरून फाही द्रव नळींतून बाहेर पडतो. तो एका पेत्यात धरून

त्याचें वजन करितात तें वं झालें असें समजूं. एकंदर द्रवाचें वजन व आहे असें कल्पूं. तर नळींत व-वं इतका द्रव राहिला. नळी ३२° उष्णतामानावर येईपर्यंत शीत केली, तर नळींत रिती जागा राहिल. यावरून नळीत राहिलेला व-वं द्रव जर ३२° पासून २१२° पर्यंत उष्ण केला, तर रित्या जाग्याइतका त्याचा आकार वाढेल; झणजे व-वं वजनाचा द्रव ३२° पासून २१२° वर चढविला, तर वं वजनाच्या पाऱ्याइतकें त्याचें आकारमान वाढेल. व-वं पाऱ्याचें प्रसरण वं पारा असेल, तर एक पौंड, किंवा शेर, किंवा एक प्रेन, पाऱ्याचें प्रसरण $\frac{वं}{वं-वं}$ होईल हें प्रसरण $२१२^{\circ}-३२^{\circ}=१८०^{\circ}$ अंशाचे आहे झणून जर ३° पर्यंत उष्णतामान चढविलें असेल, तर हें प्रसरण (३°-३२) अंशाचें होईल. झणून प्रत्येक अंशाच्या दृश्यप्रसरणाची सारणी अशी झाली -

$$प्र = \frac{वं}{(वं-वं)(३^{\circ}-३२)}$$

द्रव कोणत्याही पात्रात प्रसरण पावला झणजे तो जी जागा व्यापितो त्यावरून त्याचें केवलप्रसरण कळत नाही. कारण, उष्णतेनें पात्र प्रसरण पावून त्याचाही आकार वाढतो झणून जें द्रवाचें प्रसरण दिसतें तें द्रवाचें केवलप्रसरण व पात्राच्या द्रव्याचें प्रसरण यांच्या वजनाची बरोबर असतें; झणून द्रवाचें केवल प्रसरण समजण्यास त्याच्या दृश्यप्रसरणात पात्राच्या द्रव्याचें प्रसरण मिळवावे लागतें. वरील यंत्रास कधीं कधीं गुरुत्वउष्णतामापक असें म्हणतात. कारण, जेवढा द्रव बाहेर जातो त्याच्या वजनावरून उष्णतामान समजतें. या यंत्रानें पाऱ्याचें १८०° अंशाचें दृश्यप्रसरण $\frac{१}{६४८}$ निघतें. झणून प्रत्येक अंशाचें पाऱ्याचें दृश्यप्रसरण $\frac{१}{६४८} \times १८० = \frac{१}{३६}$ होतें. कांचेचा प्रसरणगुणक लाबीचा दिलेला असतो. त्याची तिप्पट करून यात मिळविली, म्हणजे पाऱ्याचा केवलप्रसरणगुणक निघतो. दुसऱ्या द्रव्याच्या पात्रांत

किंवा नळीत द्रव उष्ण करून त्याचा दृश्यप्रसरणगुणक काढला असल्यास, त्यात त्या द्रव्याचा आकारमानाचा प्रसरणगुणक मिळवावा.

कित्येक प्रवाही पदार्थांच्या दृश्यप्रसरणगुणकांचें कोष्टक.

हे गुणक ३२° पासून २१२° पर्यंतच्या प्रसरणाचे आहेत.

| | | | |
|-----------------------|----------------|--------------------------|----------------|
| घारा. | $\frac{9}{48}$ | स्थीर तेलें. | $\frac{9}{92}$ |
| वाफेचें पाणी. | $\frac{9}{2}$ | हैद्रोक्लोरिक आसिड, | |
| गंधकाम्ल, वि. शु १.८५ | $\frac{9}{96}$ | वि. शु १.१३७. | $\frac{9}{96}$ |
| ट्रिपेंटाइन तेल.... | $\frac{9}{98}$ | मग्नार्क | $\frac{9}{2}$ |
| ईथर | $\frac{9}{98}$ | नैत्रिक आसिड, वि.शु १.४. | $\frac{9}{2}$ |

द्रवाचें केवलप्रसरण काढण्याची एक सोपी रीति सांगतो. एक काचेचा लात्र रुळ घेऊन त्याचा लांबीचा प्रसरणगुणक काढावा. नंतर त्याचा एक तुकडा घेऊन त्याचें घनफळ काढावें, आणि तो निरनिराळ्या उष्णतामानाच्या द्रवात वजन करावा. जितकें त्याचें वजन कमी भरेल, तितकें त्या तुकड्याएवढ्या आकारमानाच्या द्रवाचें वजन होईल; व त्यावरून भिन्न भिन्न उष्णतामानावरील द्रवाचें आकारमान समजेल. उदाहरणार्थ, एका काचेच्या तुकड्याचा लांबीचा प्रसरणगुणक ०००९ आहे, तर त्याच्या आकारमानाचा प्रसरणगुणक तिप्पट म्हणजे ००२७ होईल झणून जर ३२° उष्णतामानावर काचेच्या तुकड्याचें आकारमान १ घनइंच असेल, तर २१२° उष्णतामानावर आकारमान १.००२७ होईल आता तो तुकडा ३२° उष्णतामानाच्या द्रवात वजन केला, तेव्हा त्याचें वजन १०० ग्रॅन कमी झालें. आणि २१२° उष्णतामानाच्या द्रवात ९६ ग्रॅन वजन कमी झालें. काचेचा तुकडा जर १ घनइंच असेल, तर ३२° उष्णतामानाच्या एरु घनइंच द्रवाचें वजन १०० ग्रॅन झालें. एक घनइंच काचेचा तुकडा २१२° उष्णतामानावर १.००२७ घनइंच होतो तो; झणून २१२° उष्णतामानाच्या १.००२७ घनइंच द्रवाचें वजन ९६ ग्रॅन झालें.

१०० ग्रेन द्रव ३२° फा. वर १ घनइंच.

९६ ग्रेन द्रव २१२° फा. वर १००२७ घनइंच.

∴ १०० ग्रेन द्रव २१२° फा. वर १०४४४ घनइंच.

यास्तव १०० ग्रेन द्रवाचें आकारमान ०४४४ घनइंच वाढलें, म्हणून हा त्याचा प्रसरणगुणक झाला.

प्रवाही पदार्थ सारख्या उष्णतामानानें भरीव पदार्थापेक्षा जास्त प्रसरण पावतात. नीच उष्णतामानापेक्षा उच उष्णतामानावर प्रवाही फार जलद प्रसरण पावतात.

१८१. वायुरूपी पदार्थांचा प्रसरणगुणक - भरीव आणि प्रवाही पदार्थापेक्षा वायुरूपी पदार्थ फारच प्रसरण पावतात सर्व वायुरूपी पदार्थ सारख्या उष्णतामानाने सर्वदां सारखे प्रसरण पावतात; झणजे सर्व वायुरूपी - पदार्थांचा प्रसरणगुणक एकच आहे. वायूवर कितीही दाब असला, तरी त्याचा प्रसरणगुणक बदलत नाही. डाल्टन आणि गायल्यूझाक याणीं अनेक प्रयोग करून सदरील नियम ठरविले आहेत. कोणत्याही वायूचें ३२° पासून २१२° उष्णतामान वाढविलें, आणि त्यावरील हवेचा दाब समान असला, तर मूळच्या ३२° उष्णतामानावरील आकाराच्या $\frac{1}{366}$ किंवा $\frac{1}{366}$ पट वायूचा आकार वाढतो झणजे कोणत्याही वायूचा प्रसरणगुणक $\frac{1}{366}$ किंवा $\frac{1}{366}$ असतो. हें प्रसरण १८०° फा. किंवा १००° श. अंशाचें आहे. झणून प्रत्येक अंश फारेनहीट अशास प्रसरण $\frac{1}{366} \div 900 = \frac{1}{366} \times \frac{1}{900} = \frac{1}{329400}$ होईल आणि प्रत्येक शतभाग उष्णतामापकाच्या अंशास $\frac{1}{366} \div 100 = \frac{1}{36600}$ होईल. यास्तव जर ४९२° फा. किंवा २७३° श. उष्णतामान वाढविलें, तर वायूचा आकार दुप्पट होईल. आणि इतकें उष्णतामान कमी केलें, तर मूळच्या आकाराइतका आकार कमी होईल; म्हणजे - ४६०° फा. किंवा - २७३° श. उष्णतामानावर वायूचा आकार ० होईल. याचा अर्थ असा कीं, या उष्णतामानावर वायूस आकुंचित होण्यास वावच असणार नाही किंवा या वेळीं वायूमध्ये

कांहीं उष्णता असणार नाही. म्हणून -४६०° फा. किंवा -२७३° श. यात अगदीं शून्य उष्णतामानें म्हणतात.

प्रत्येक फा. अंशास वायु $\frac{1}{४९२}$ प्रसरण पावतो. विवक्षित परि-
माणाच्या वायूचा आकार ३२° फा. उष्णतामानावर म घनइत्र असे-
ल, तर ३३° फा. वर $\frac{m}{४९२}$ इतका आकार वाढेल. ३५° वर $\frac{३m}{४९२}$
इतका आकार वाढेल. आणि ३° फा. उष्णतामानावर $\frac{m(३-३२)}{४९२}$
इतका आकार वाढेल. ३° फा. उष्णतामानावरील आकार आ
कल्पिला, तर,-

$$आ = m + \frac{m(३-३२)}{४९२}$$

$$\therefore आ = \frac{४९२m + m३ - ३२m}{४९२} = \frac{m(४६० + ३)}{४९२} \dots (१)$$

जर आ' हें त्याच वायूचें ३° उष्णतामानावरील आकारमान असेल
तर,-

$$आ' = m + \frac{m(३-३२)}{४९२} = \frac{m(४६० + ३)}{४९२} \dots \dots (२)$$

(२) यास (१) यानें भागून.

$$\frac{आ'}{आ} = \frac{४६० + ३}{४६० + ३}$$

$$\therefore आ' = आ \frac{४६० + ३}{४६० + ३} \dots \dots \dots (३)$$

जर विवक्षित उष्णतामानावरील वायूचे आकारमान माहीत
असेल, तर दुसऱ्या कोणत्याही उष्णतामानावरील त्याचें आकारमान
या सारणीवरून काढिता येईल.

यांत वायूवरील इवेंचा किंवा दुसरा दाब हिशेबांत धरिला नाही
व सर्वदां दाब समान आहे असें कल्पिलें. मार्गें सांगितलेंच की,
(क. १३३) वायूचें आकारमान दाबाच्या उलट प्रमाणात असतें.
याविषयीं मार्गें जी सारणी सांगितली ती अशी आहे.-

$$\text{आ दा} = \text{आ दा} \therefore \text{आ} = \frac{\text{आ दा}}{\text{दा}} \dots \dots \dots (४)$$

उ° उष्णतामान आणि दा दाब असता विवक्षित वायूचें आकारमान आ आहे त्याचें उ° उष्णतामान केलें आणि दा दाब केला, तर त्याचें आकारमान काय होईल तें पाहू. दाब हिशेबांत धरिला नाहीं, तर उ° उष्णतामानावरील आकारमान (३) असें होईल.

$$\text{क्ष} = \text{आ} \frac{\text{४६०} + \text{उ}'}{\text{४६०} + \text{उ}} \dots \dots \dots (५)$$

क्षचें उष्णतामान तेंच ठेवून दा दाब वाढवून दा केला, तेव्हा त्याचा आकार आ झाला असें कल्पिलें तर,—

$$\text{आ दा} = \text{क्ष दा}.$$

$$\therefore \text{क्ष} = \frac{\text{आ दा}}{\text{दा}} \dots \dots \dots (६)$$

ही किंमत (५) यात लिहून

$$\frac{\text{आ दा}}{\text{दा}} = \text{आ} \frac{\text{४६०} + \text{उ}'}{\text{४६०} + \text{उ}}$$

$$\therefore \text{आ} = \text{आ} \frac{\text{४६०} + \text{उ}'}{\text{४६०} + \text{उ}} \times \frac{\text{दा}}{\text{दा}} \dots \dots \dots (७)$$

या सारणीवरून उष्णतामानाबरोबर दाब वाढला किंवा कमी झाला, तरी आकार काढता येईल.

आणखी एक गोष्ट लक्षात ठेविली पाहिजे ती ही कीं, उष्णतामानाप्रमाणें आकार वाढतो, तसाच आकार वाढूं दिला नाहीं, तर उष्णतामानाप्रमाणें वायूचा दाब वाढतो, व ती वाढ आकाराच्या वाढी-इतकीच असते. म्हणजे दाबाच्या वाढीचा गुणक दर फारेनहीटच्या अंशास $\frac{१}{४६०}$ असतो. समजा कीं, आक्सिजन वायु एका जाड कुपीत भरून अगदीं गच्च बंद केला; आणि त्याचें उष्णतामान उ° वाढविलें, तर त्याचा आकार वाढण्यास वाव नाहीं; म्हणून तो आकार ज्या प्रमाणानें वाढला असता, त्याच प्रमाणानें वायूचा दाब भांब्याच्या आ-

तोल पृष्ठभागावर वाढेल. जर आ आकार 0° उष्णतामानावर असेल, तर उ^० उष्णतामानावर $(1 + \frac{u}{843})$ आकार होईल. म्हणून जर 0° उष्णतामानावर भाज्याच्या पृष्ठभागावर दर चौरस इंचावर वायूचा दाब दा असेल, तर उ^० उष्णतामानावर आकार न वाढू दिल्यामुळे, दा $(1 + \frac{u}{843})$ दाब होईल यास्तव उष्णतामान वाढविल्यावर जर वायूचा आकार वाढू दिला नाही, तर वायूचा दाब भाज्याच्या पृष्ठभागावर जो वाढेल तोही वरील सारणीवरून काढता येईल.

वायूचा आकार समजल्यास त्याचे वजन कसे काढावे तें पाहू. 60° फा. उष्णतामानावर आणि ३० इंच दाब असता १०० घनइंच कोरड्या हवेचे वजन ३१ ग्रेन भरते.

\therefore व ग्रेन वजनाच्या हवेचा आकार $\frac{1000}{31}$ घनइंच होईल. हा आकार उष्णतामान 60° आणि दाब ३० इंच असता असतो. वरील (७) समीकरणात आ, उ आणि दा यांच्या जागी या किंमती लिहिल्या, म्हणजे अशी सारणी होते.

$$आ = \frac{100 \text{ व}}{31} \times \frac{840 + उ}{840 + 60} \times \frac{30}{दा}$$

$$आ = \frac{100 \text{ व} \times 30}{31 \times 420} \times \frac{840 + उ}{दा}$$

$$आ = \frac{व}{42} \times \frac{840 + उ}{दा}$$

$$\therefore व = \frac{42 \times आ \times दा}{840 + उ}$$

या सारणीने उ^० उष्णतामानावर, दा^१ दाब असतां आ^१ आकाराच्या हवेचे वजन एकदम काढता येते. आतां कोणत्याही वायूचे वजन काढण्यास तो हवेच्या किती पट जड किंवा हलका आहे हे, म्हणजे त्याचे हवेच्या संबंधाने वि. गु, समजले पाहिजे. कारण, या

सारणीने निघालेल्या वजनास वायूच्या वि. गु. ने गुणिलें म्हणजे त्याचें वजन निघेल वि विशिष्टगुरुत्व दर्शविण्यास घेतलें तर,—

$$v = \frac{5\frac{3}{4} \text{ आ. दा. वि}}{460 + उ.} \quad (\text{शेंक्या काढून टाकिल्या आहेत}).$$

१८२. हवेचें उष्णतामापक.—सर्व वायु सारखे प्रसरण पावतात, आणि नित्य वायुरूपात असणारे वायु अत्यंत नीच उष्णतामानावर सुद्धां द्रवरूप धारण करीत नाहींत. द्रवांपेक्षा उष्णतेचें कार्य वायूवर फार जलद होतें. यास्तव हवेचें उष्णतामापक उष्णतामान मापण्यास घ्यावें, असें पुष्कळ पंडितांचें मत आहे. यास्तव असलें उष्णतामापक कसें करितात व यामध्ये सोयी व अडचणी काय आहेत तें पाहूं. अगदीं सार्धे असें हवेचें उष्णतामापक हें येथें आहे. (क. १५० पहा). या छोट्या कुपीच्या तोंडांत बूच बसवून व त्यास भोंक पाडून फुगा असलेली ही नळी, तिचें तोंड कुपींतल्या लाल पाण्यांत बुडण्याजोगी बसविली आहे; व नळींत थोडेंसें पाणी चढलेलें आहे. ही नळी काढून पुनः बसवून दाखवितों. नळींतील पाणी खाली पडलें. आतां फुगा उष्ण करून नळीचें तोंड बुचातून पाण्यांत बुडवितों. पहा, नळींत पाणी चढलें. कारण, नळींतील हवा उष्ण केली होती ती थंड होतांच आकुचित झाली, म्हणून कुपींतील पाण्यावरील हवेच्या दाबानें नळींत पाणी चढलें. आतां फुग्यास माझा गरम हात लावतों. पहा, पाणी उतरलें आणि हात काढताच चढलें. फुग्यावर थोडें ईथर ओतितों. पहा, त्याच्या बाष्पभवनां हवा जास्त थंड झाली, व जास्त पाणी चढलें. या दिव्याची ज्योत फुग्यास लावतों. पहा, झटकनू पाणी किती उतरलें! यास्तव असल्या

उष्णतामापकानें पाण्याच्या उष्णतामापकापेक्षा अधिक सूक्ष्म उष्णतामानें मापितां येतील; व असलीं उष्णतामापकें सहज करितां येतील. प्रसिद्ध पंडित ग्यालिलिओ यानें मुळारभीं असलेच उष्णतामापक केले होते. या उष्णतामापकाची एक अडचण असते. या कुर्पीतील पाण्यावर बाहेरील हवेचा दाब आहे, म्हणून नळीतील पाण्याची उंची हवेच्या दाबावर आणि फुग्यांतील हवेच्या उष्णतामानावर अवलंबून राहते. यास्तव केवळ उष्णतामान नुस्त्या ह्या हवेच्या उष्णतामापकानें बरोबर समजणार नाही. हवेचा दाब किती आहे व त्यामुळे नळीतील पाण्याची उंची किती आहे, ते काढून व तेवढी वजा केल्यावर खरें उष्णतामान समजतें. ह्मणजे याचा उपयोग भार-मापकाशिवाय बरोबर करितां येणार नाही.

हवेचा दाब समान ठेवून या उष्णतामापकावर पाण्याच्या उष्णतामापकासारखे अंश मांडतात. ह्मणजे बर्फाचा वितुळण्याचा बिंदु व पाण्याचा कढण्याचा बिंदु हे दोन मुख्य कल्पून व त्यांमधील अंतराचे विभाग करून अंश मांडितात. आणि ते अंश शतभाग व फारेनहीट उष्णतामापकांसारखेच पाडितात. मात्र याची नळी बरीच लांब असते, व यावरून अगदीं शून्य उष्णतामान समजतें; व ही कल्पना या उष्णतामापकावरूनच निघाली आहे. (आ. २२३). हें उष्णतामापक वितुळणाऱ्या बर्फांत बुडवून किती पाणी चढतें तें पाहतात, व तेथे बर्फ वितुळण्याच्या बिंदूची खूण करितात. नंतर कढत्या पाण्याच्या वाफेत धरून कढाच्या बिंदूची खूण करितात. मग दोहों बिंदूंमधील अंतराचे विभाग पाडून त्याप्रमाणें अंश मांडितात. या-

प्रमाणें खालीं अंश पाडीत अगदीं नळीच्या बुडाशीं कोणता अंश येईल तें पाहूं.

हवेचा प्रसरणगुणक $\cdot ३६६$ आहे, म्हणून बर्फ वितुळण्याच्या बिंदूइतक्या उष्णतामानावर नळींत १ माप हवा असेल, तर २१२° फा. उष्णतामानावर $१ \cdot ३६६$ मापें हवा होईल. बरें, ३२° फा. उष्णतामानाच्याखालीं उष्णतामान गेलें, तर याच मानानें आकार कमी होत जाईल. झणजे दर १८०° फा. उष्णतामानास $\cdot ३६६$ या प्रमाणानें आकार कमी होत होत -४६०° फा. उष्णतामानावर हवेचा आकार ० होईल. म्हणजे या उष्णतामानावर हवा बिंदुवत् होईल. यास्तवच -४६०° फा. उष्णतामानास केवळ शून्य उष्णतामान झणतात. शतभाग उष्णतामापकाप्रमाणें -२७३° श. केवळ शून्य उष्णतामान होय

१८३. प्रसरण नियमांचा व्यवहारांत उपयोग.—धातु उष्णतेनें इतर पदार्थाहून जास्त प्रसरण पावतात; म्हणून इमारतींस, पुलांस किंवा पाण्याच्या नळांस धातूच्या तुळ्यांचा, पत्र्यांचा व नळ्यांचा उपयोग करिताना शिल्पकारानें त्याच्या प्रसरणास व आकुचनास नेहमी वाव ठेविला पाहिजे. कारण, उष्णतेचें मान सर्वदां सारखें नसतें. हिंवाळ्याहून उन्हाळ्यात जास्त उष्णता असते, व त्या वेळीं पदार्थ उष्णतेनें फुगतात. म्हणून आगगाडीचे रूळ टाकतांना, जर ते एकमेकांस लावून बसविले, तर उन्हाळ्यांत ते लांब होतील. तेव्हां त्यास लांब होण्यास वाव नसल्यानें त्यांस बांक येऊन रूळाखालच्या खुर्च्या मोडतील आणि गाडी चालण्यास प्रतिबंध होईल. ह्याकरिता आगगाडीचे रूळ बसविताना, त्यांमध्ये बोट अर्धबोट हिशेबानें येईल तितका प्रसरणास वाव राखून

रूढ बसवितात. तसेंच लोखंडी पुलांस किंवा इमारतींस आडव्या तुळ्या बसवितानाही त्यास प्रसरण पावण्यास एका आंगानें वाव राखितात. तसेंच पाण्याचे नळ बसवितानाही एक नळ दुसऱ्याच्या आंत घालून फक्त वरून शिसें ओतून बसवितात. येणेकरून त्याच्या प्रसरणास किंवा आकुंचनास आंतून वाव असतो. तसेंच लोखंडी पत्रे छपरावर घालतात, व ते जेव्हां लाकडी वांशांवर बसविलेले असतात, तेव्हां त्यांचें प्रसरण व आकुचन होण्याकरितां वाव राखिला पाहिजे. नाहीतर पत्र्यांस भोंकें पडतील किंवा वांशांपासून सुटतील. तसेंच मोठ्या भट्ट्यांस ज्या धातूच्या कांबी असतात, त्यासही निदान एके बाजूस प्रसरण व आकुचन पावण्यास मोकळीक ठेवणे अवश्य आहे. गाड्यांच्या चाकाच्या धांवा कशा बसवितात हे मागे सांगितलेंच आहे. वजनें व मापें ठरविण्यांतही काहीं नियमित उष्णतामान घेतलें पाहिजे. कारण, तीं धातूचीं असल्यानें उष्णतेनें प्रसरण व आकुचन पावणारीं असतात. प्रसरण व आकुचनानें एक चमत्कारिक गोष्ट इंग्लंडांत ब्रिस्टल शहरां घडली ती सागती; ती ऐका.

ब्रिस्टल एथील देवळाच्या धातूच्या पत्र्याच्या छपरावर एक शिशाच्या पत्र्याचा तुकडा पडला होता. तो बराच जड होता, व तिकडे इकडल्यासारखीं भयाण तुफानें वगैरे सुटत नसल्यानें वाऱ्याच्या योगानें खालीं येण्याचा संभव नव्हता. परंतु तो तुकडा आपोआप २ वर्षांत सुमारे १८ इंच खालीं सरकला. जर वाऱ्यानें ही गोष्ट झाली असती, तर तो तुकडा त्या पत्र्यावरून एकदम खालींच पडला असता. तेव्हां पत्रा खालीं कशानें आला ह्याचा पुष्कळ दिवस विचार करीत होते. शेवटीं

त्याचे यथायोग्य कारण एका विद्वानां काढिलें. तो पत्रा दि-
वसास उष्णतेनें प्रसरण पावे; प्रसरण पावताना जिकडे सुलभता
अधिक असेल त्या बाजूनें पदार्थ प्रसरण पावतात. हा पत्रा
उतरत्या छपरावर होता झणून उतरत्या बाजूकडेच तो वाढत
असे. रात्री थंडीनें तो आकुचन पावे. तेव्हांही वरून खाली-
च आखूड होई. कारण, खालचे टोंक चढणीवरून वर सर-
कण्यापेक्षां वरचे टोंक उतरणीवरून खाली सरकण्यास सोपें
असतें. ह्याप्रमाणें गहू अर्ध गहू खाली सरकत सरकत
दोन वर्षांत इतका खाली सरकला. ह्याप्रमाणें तुम्ही जर एखा-
द्या लोखंडी घड्याच्या छपरावर पत्रा ठेविला, आणि त्याच्या-
वरच्या व खालच्या बाजूस खुणा केल्या, तर तो सरकत सरकत
खाली येत आहे अशी तुमची खात्री होईल. बरी दररोज
अमुकच खाली सरकला हें सहसा कळणार नाहीं, तरी महि-
ना दोन महिन्यांनंतर बराच खाली आलेला स्पष्ट समजेल.

१८४. समतोल राहणारे आंदोलक.— मोठ्या घड्याळाची
गति आंदोलकांनै नियमित राहते परंतु आंदोलक लाव किंवा
आखुड होतो, त्या मानानें त्याचे झोंके जलद किंवा सावकाश होतात
उदाहरणार्थ ८०° उष्णतामानावर घड्याळ बरोबर वेळ दाखवितें.
नंतर जर याहून उष्णतामान वाढलें, तर आंदोलक प्रसरण पावून
लाव होईल. आणि उष्णतामान कमी झालें, तर आकुंचन पावून
आखूड होईल, येणेंकरून त्याचे झोंके जास्त कमी काळांत होतील.
जास्तव घड्याळें हिवाळ्यांत जलद चालतील आणि उन्हाळ्यांत मंद
चालतील. याकरिता आंदोलकाचा लोळा वरचेवर खालवर साराचा
लागेल. अशी अडचण पडू नये व सर्व ऋतूंत घड्याळें सारख्या
गतीने चालावी, याकरिता काही योजना केलेल्या असतात त्या
सागतां.

१. **हारिजन याचा जाळीचा आंदोलक** - आंदोलक लांब आंखूढ न होण्यास, आंदोलकाच्या टांगिलेल्या स्थळापासून त्याच्या लोळ्याच्या मध्यबिंदूपर्यंत अंतर सर्वदा सारखें राहिलें पाहिजे. **हारिजन** याच्या आंदोलकांत लोळा लोखंड व तावें या धातूच्या काबी अनुक्रमवार लावून केलेल्या चौकटीस टांगिलेला असतो. (आ. २२४). पहा, या आकृतींत एक लोखंडी किंवा पोलादी काब आणि एक पितळेची काब यामागें चौकटींत बसविलेल्या आहेत. ह्या पितळेच्या काबी लोखंडी काबीच्या चौकटीच्या तळावर (पायावर) बसविलेल्या आहेत, आणि पितळेच्या दुसऱ्या चौकटीच्या माथ्यावरील आडव्या काबीस पोलादी तारेनें लोळा टांगिला आहे. पितळेच्या काबीस खालच्या बाजूस प्रसरण पावता येत नाही. परंतु वरच्या बाजूस त्याच्या प्रसरणानें चौकट उचलली जाते, लोखंडी किंवा पोलादी काबी प्रसरण पावल्या म्हणजे लोळा खाली सरकेल; परंतु पितळेच्या काबी प्रसरण पावल्या म्हणजे त्या वरच्या बाजूस प्रसरण पावतील आणि लोळ्यास वर उचलतील. यास्तव जितकें पोलादाचें प्रसरण होईल, तितकें पितळेच्या काबीचें झालें म्हणजे आंदोलक मुळीच जास्त लांब किंवा आंखूढ होणार नाही.

जर ल लोखंडी काबीची एकदर लांबी असेल व प पितळेच्या काबीची एकदर लांबी असेल, आणि त्याचे प्रसरणगुणक प्र आणि प्र अस्ततील, तर ल प्र = प प्र असें झालें म्हणजे आंदोलकाची लांबी बदलणार नाही. साध्या पोलादाचा प्रसरणगुणक $\frac{2}{3}$ आहे, आणि पितळेचा $\frac{1}{3}$ आहे. म्हणजे सरासरी प्र = $\frac{2}{3}$ प्र आहे पितळ जास्त प्रसरण पावते. याकरितां पोलादी काबीच्या लांबीचे $\frac{2}{3}$ पितळेच्या काबीची लांबी असली पाहिजे. पितळेच्या दोन चौकटीच्या ठिकाणीं दोनच काबी घालूनही या आकृतींत दाखविल्याप्रमाणें असला आंदोलक करितात. (आ. २२५ पहा)

२. **ग्रेहमचा पाण्याचा आंदोलक** - एका लोखंडी काबीस बुडारीं एक चौकट लाविलेली असून त्या चौकटींत एक किंवा दोन

पान्याच्या कुप्या ठेवलेल्या असतात. (आ. २२६ पहा). उष्णतामान वाढले झणजे कांब लाव होते; व तिचा गुह्रत्वमध्य खाली जातो. परंतु पारा वरच्या वाजूस प्रसरण पावल्याने सर्व आंदोलकाचा गुह्रत्वमध्य काहीं वर चढतो यामुळे गुह्रत्वमध्य खाली सरेल तितकाच वर चढविण्याजोगा पारा घेतला म्हणजे आंदोलक समतोल राहिल. लोखंडापेक्षा पान्याचा प्रसरणगुणक फार असल्याने थोड्या पान्याने इच्छित कार्ये होतें.

३ आंदोलकाच्या कावीस एक आडवी संयुक्त काव बसवूनही त्याच्या प्रसरणाचें समतोलन करिता येतें. ताबें व लोखंड याच्या पातळ कावी एकावर एक डाकानें बसवून ती संयुक्त कांब आंदोलकाच्या उभ्या कावीस आडवी बसवितात (आ. २२७ पहा). लोखंडापेक्षा ताबें जास्त प्रसरण पावतें; म्हणून तांब्याची पात खालच्या वाजूस ठेवितात याशिवाय या संयुक्त पात्याच्या दोहो शेवटास ह्या दोन सरकणाच्या गोव्या असतात. यामुळे जेव्हां उष्णतामान कमी होतें, तेव्हा आंदोलकाचा दांडा आंखूड होतो व लोळा वर चढतो. परंतु कमी उष्णतामानावर संयुक्त पातें तिरकमध्याच्या कमानीसारखें (कलम १४६ पहा) खालच्या वाजूस वक्र होतें. (आ. २२८ पहा). व शेवटाकडील गोव्या खाली सरकतात. कारण, ताबें लोखंडापेक्षा जास्त आकुचन पावतें. येणेंकरून सर्व सांगडीचा गुह्रत्वमध्य खाली येतो. बरें, जेव्हां उष्णतामान वाढतें तेव्हां आंदोलकाचा दांडा लाव होऊन लोळा जास्त खाली जातो. परंतु आडवी कांब अंतर्गोल वक्र होते, यामुळे सर्व सांगडीचा गुह्रत्वमध्य वर चढतो. (आ. २२९ पहा).

१८५. व्यापारोपयोगी व दुसरे वारे, समुद्रांतील मवाह, समुद्रकांठचे सकाळसध्याकाळचे वारे, धुरांड्याने उष्ण हवा बाहेर जाणें वगैरे अनेक गोष्टी या प्रसरणव्यापाराचींच फळे

आहेत. परंतु पुढें प्रापणव्यापाराविषयी सांगितल्यावर याविषयी सांगणार आहे. करिता तूत हा विषय येथें आटपितो.

उदाहरणे

१. मद्यार्काचे उष्णतामापक 32° फा. उष्णतामानावर आहे. या वेळीं याच्या फुग्यांतील व नळीतील मिळून मद्यार्क $\frac{1}{8}$ घनइंच आहे व नळीचा व्यास $\frac{1}{4}$ इंच आहे. याचें उष्णतामान 95° फा. पर्यंत वाढविलें तर मद्यार्क नळीत किती उच चढेल ?

उत्तर. $3^{\circ} 16$ इंच.

२. वरील उदाहरणांत उष्णतामापकात तितकाच पारा असल्यास तो किती उच चढेल ?

उत्तर. $0^{\circ} 439$ इंच.

३. गुहृत्वउष्णमापकात भरलेला पारा 32° फा. उष्णतामानावर 25 औंस आहे, तर किती अश उष्णतामान वाढविल्यावर त्यापैकी अर्धा औंस यत्रातून बाहेर पडेल ?

उत्तर $270^{\circ} 08$ फा.

४. सदर उष्णतामापकात 32° फा. उष्णतामानावर जर पारा 20 औंस असेल, आणि 212° फा. पर्यंत उष्णतामान वाढविल्याने त्यातील 3039 औंस पारा बाहेर वाहून जाईल, तर पान्याचा दृश्यप्रसरणगुणक काय असेल ?

उत्तर $1/8$

५. पान्याचा दृश्यप्रसरणगुणक $1/8$ आणि केवलप्रसरणगुणक $1/4$ असतील, तर काचेचा लावीचा प्रसरणगुणक काय होईल ?

उत्तर. $1/2$

६. 1000 घनइंच वायु 75° फा. उष्णतामानावर आहे. त्याचें 100° श. पर्यंत उष्णतामान वाढविलें, तर त्याचा आकार काय होईल ?

उत्तर. 1256 घनइंच

७. 100 घनइंच वायु उष्ण केल्याने 200 घनइंच झाला आहे, तर त्याचें किती उष्णतामान वाढविलें असावें ?

उत्तर. 492° फा.

८. ८५° फा. उष्णतामानावर ३ घनइंच आकारमानाचा फुगा असलेली $\frac{1}{8}$ इंच व्यासाची १ फूट लांबीची नळी आहे. तिचे तोंड पाण्यात बुडवून नळीचे उष्णतामान ७०° फा. पर्यंत कमी केलें, तर नळीत किती उंच पाणी चढेल ? उत्तर. २.०६ इंच.

९. ६०° फा. उष्णतामानावर आणि भारमापकातील पारा ३० इंच असता वायूचा आकार १०० घनइंच आहे त्याचे उष्णतामान १२०° फा. पर्यंत वाढविलें आणि दाब ३५ इंचपर्यंत वाढविला, तर त्याचा आकार काय होईल ? उत्तर. ९५.६ घनइंच.

१०. ६०° फा. उष्णतामान आणि हवेचा दाब ३० इंच असता वायूचा आकार १०० घनइंच आहे; आणि हवेच्या संवधानें त्याचे वि. गु. २.५ आहे, तर त्याचे किती मेन वजन होईल ? उत्तर ७७.५ मेन.

प्रकरण १७.

पदार्थांचे रूपांतर आणि अनुद्धत उष्णता.

द्रवीभवन आणि घनीभवन.

१८६. रूपांतर.— उष्णतेनें पदार्थ प्रथम प्रसरण पावून नंतर रूपांतर पावतात हें मार्गें सांगितलें. आतां पदार्थ एका रूपांतून दुसऱ्या रूपांत जात असतां कसकसा प्रकार घडतो त्याविषयी विचार करूं.

उष्णता ही एक शक्ति आहे, व ती ज्या पदार्थांत शिरते ते पदार्थ प्रसरण पावतात, म्हणजे त्यांच्या कणांत जें खेडाकर्षण असतें तें नाहींसें करून ती त्यास एकमेकांपासून दूर लोटीते. पदार्थ थंड झाले म्हणजे ते आकुंचित होतात, याचा वास्तविक

अर्थ इतकाच कीं, कणांस एकमेकांपासून दूर लोटणारी जी शक्ति पदार्थांत होती तीस काढून घेतांच कण परस्पर जवळ येतात. बरें, पदार्थांस अतिशय उष्णता दिल्यानें फुगण्याच्या पलीकडे त्यांवर तिचा परिणाम काय होतो तेंही तुम्हीं पाहिलें. फार उष्णतेनें पदार्थांचीं रूपें बदलतात. घनपदार्थ घेऊन त्यांस अतिशय उष्णता दिली, म्हणजे त्यांचे कण परस्पर प्रतिसारित होऊन त्यांस द्रवरूप प्राप्त होतें. घनपदार्थांच्या कणांतील स्नेहाकर्षण नाहींसें करून त्यांस द्रवस्थितींत आणण्यास पुष्कळ उष्णता लागते. म्हणून द्रवपदार्थांत घनपदार्थांपेक्षां उष्णतेचा अंश पुष्कळ असतो. सारांश, घनपदार्थ + उष्णता = द्रवपदार्थ. आतां द्रवपदार्थांस उष्णता दिली म्हणजे त्यांचे कण आणखी प्रतिसारित होऊन त्यांस वायुरूप येतें. यास्तव वायुरूप पदार्थांत तर मवाहींच्या पेक्षांही अधिक उष्णता असली पाहिजे. कारण, द्रव + उष्णता = वायु. द्रवाचा घनपदार्थ करण्यास त्यातील उष्णता काढून घ्यावी लागते. तसेंच वायूचा द्रव करण्यासही तेंच करावें लागतें. घनपदार्थ - उष्णता = द्रव; द्रव - उष्णता = वायु. यावरून ही गोष्ट स्वाभाविक दिसते कीं, वायूचा द्रव होतांना व द्रवाचा घनपदार्थ होतांना उष्णता बाहेर गेल्याशिवाय त्यास तीं नवीं रूपें प्राप्त होणार नाहींत. तसेंच घनपदार्थांचा द्रव आणि द्रवाचा वायु होण्यास त्यांत उष्णता शोषण झाली पाहिजे. या गोष्टी जर तुम्ही ध्यानांत ठेवाल आणि खालील सारण्या तुमच्या लक्षांत रहातील, तर आज जो विषय सांगणार आहे तो काहीं नवीन आहे असें वाटणारसुद्धां नाहीं. या करिता या सारण्या पुऱ्या लक्षांत ठेवा.

घनपदार्थ + उष्णता = द्रव म्हणजे प्रवाही.

द्रवपदार्थ + उष्णता = वायु.

द्रवपदार्थ - उष्णता = घनपदार्थ.

वायुरूपी पदार्थ - उष्णता = द्रवपदार्थ.

१८७. **द्रवीकरण - अनुद्रुत उष्णता.**— आतां पुढील प्रयोगाकडे लक्ष्य द्या म्हणजे पदार्थांचें रूपांतर होत असतां वर सांगितलेले प्रकार घडून येतात याविषयीं तुमची पूर्ण खात्री होईल. प्रथम घनपदार्थांस द्रवरूपांत आणतांना कसा प्रकार घडतो तें पाहू.

प्रयोग १ - बर्फाचें द्रवीकरण—हा एक बर्फाचा तुकडा आहे. याचें उष्णतामान ३२° फा. आहे. हा तुकडा घन आहे, म्हणून यास द्रवस्थितींत आणण्यास यात उष्णता गेली पाहिजे. हा तुकडा या चंबूत घालून तो या दिव्यावर धरितों, व यांत हें उष्णतामापक घालितों. आता हा तुकडा वितळपर्यंत अधिक उष्णता किती त्यात शिरते तें पाहूं. पहा, बर्फ वितळू लागलें; उष्णतामापकांतील पारा उतरून ३२° वर येऊन ठेपला. पहा, दिव्याची उष्णता बर्फास एकसारखी लागत असून उष्णतामापक उतरलें. वरें, आता उष्णतामापक किती अशावर आहे तें पाहूं. पहा, तें आणखी उतरलें नाही व चढलेंही नाही. पहा, अजूनही चढत नाही हा मोठा चमत्कार आहे की, दिव्याची उष्णता बर्फात एकसारखी शिरत असून उष्णतामापकातील पारा चढत नाही. दिव्याची तर उष्णता कमी झाली नाही ना ? दिव्यांत बोट घालून पाहूं. हाय ! दिव्यानें बोट पूर्वीप्रमाणें भाजतें. तर मग इतकी उष्णता जाते तरी कोठें ? उष्णता ही शक्ति आहे; तिचें कार्य अवश्य घडलें पाहिजे. बर्फाचें काय होत आहे तें पाहूं. पहा, तें वितळून त्याचें पाणी होत आहे. यावरून हें स्पष्ट आहे की, उष्णतेचें कार्य घडलें आहे दिव्यातून जी

उष्णता बर्फात जात आहे, तिणें बर्फाच्या गोळ्याच्या कणांमधील खे-
हाकर्षण नाहीसें करून व त्यास दूर लोटून बर्फास द्रवस्थितीत आ-
णिले. आता उष्णतामापकास का ती समजत नाही ? एका शक्तीच्या
हातून दोन कायें होत नाहीत. येथें बर्फाचें घनरूप नाहीसे करण्यांत
उष्णता खर्च जहाली, म्हणून तीस पाण्याचें उष्णतामान वाढविता
आले नाही यास्तव आता जी उष्णता बर्फात शिरत आहे, ती बर्फास
घनरूपातून द्रवरूपांत आणित आहे. सर्व बर्फ वितळलें कीं काय
पाहू ते बहुतेक वितळलें. तरी उष्णतामापक 32° वरच आहे. म्ह-
णजे बर्फाचे जें उष्णतामान होतें तेंच या पाण्याचें आहे. पहा, पण
इतक्यांत ते 40° वर गेलें. उष्णतामापकातील पारा भरारा चढत
आहे. तो इतक्यांत 45° वर आला व पुढेंही चढत आहे.

जेव्हां सर्व बर्फ वितळून द्रवस्थितींत आलें, तेव्हां उष्णतेस
दुसरें कार्य करावयाचें नसल्यानें तिचें कार्य पाण्याच्या कणां-
वर होऊ लागलें; म्हणजे जी उष्णता पूर्वी बर्फाच्या कणास दूर
लोटण्यांत खर्च होत होती, ती आतां पाण्याच्या कणांस दूर
लोटू लागली. म्हणून पाण्याचें उष्णतामान वाढलें. पाण्याच्या
कणांस दूर लोटणारी उष्णता उष्णतामापकानें समजली. परंतु
ज्या उष्णतेनें बर्फाचें पाणी केलें ती समजली नाही. ती सर्व
बर्फाचे आंगीं द्रवस्थिति धारण करण्याचें सामर्थ्य आणण्यास
लागली व ती पाण्यात गुप्त राहिली. कारण, बर्फाचें जें उष्ण-
तामान होतें, तेंच बर्फ वितळपर्यंत पाण्याचें होतें. म्हणून ही
जी उष्णता रूपांतर होतांना गुप्त झाली तीस गुप्त किंवा अनुद्धत
उष्णता असें म्हणतात. ही गोष्ट लक्षांत ठेवा कीं, या प्रयोगांत
जी उष्णता गुप्त राहिली व सर्व बर्फ वितळपर्यंत उष्णतामाप-
कानें समजली नाही, ती नष्ट झाली नाही. ती सर्व पाण्यात
गुप्त आहे. या पाण्याचें बर्फ केलें तर ती सर्व दृश्य होईल.

१८८. पाण्यातील अनुद्रुत उष्णता.— बर्फ वितळत असतां अशी किती उष्णता खर्च होऊन पाण्यात गुप्त रहाते तें पाहूं.

प्रयोग २ — हे दोन दिवे आहेत. याच्या वाती सारख्या जाळीच्या असून यापासून सारखी उष्णता उत्पन्न होत आहे. या चंबूत हा अच्छेर ३२° उष्णतामानाच्या बर्फाचा सुरा घालितों, व या दुसऱ्या चंबूत ३२° उष्णतामानाचेंच हें अच्छेर भार पाणी घालितो. आता यात हीं दोन उष्णतामापकें घालून दोनही चंबू दोहों दिव्यावर एकदम ठेवितों. पहा, बर्फ वितळत आहे; परंतु त्यातील उष्णतामापक ३२° वरच स्थीर आहे. त्यातील पारा विलकूल चढत नाही; परंतु पाण्यातील उष्णतामापकांतील पारा चढत आहे. म्हणजे एकांत उष्णता गुप्त होत आहे; परंतु दुसऱ्यानें ती समजत आहे. दोहो दिव्यांनीं सारखी उष्णता उत्पन्न होत आहे; तेव्हा सारें बर्फ वितळपर्यंत पाण्यातील उष्णतामापक किती अशावर चढतें तें पाहू. बर्फ वितळत आहे व पाण्यातील उष्णतामापक चढत आहे तें आतां १६०° वर आहे. पहा, आता बर्फ सारें वितळलें, व मूळच्या पाण्यातील उष्णतामापक १७४° वर चढलें आहे. (आ. २३० पहा)

यावरून अच्छेर म्हणजे एक पौंड बर्फ वितळण्यास १७४°— ३२ = १४२° उष्णता लागली. म्हणजे एक पौंड पाण्याचें १४२° उष्णतामान चढविण्यास जितकी उष्णता लागते, तितकीच उष्णता एक पौंड बर्फाचें पाणी होण्यांत गुप्त होते. बर्फास घनरूपांतून द्रवरूपांत आणण्यामध्ये ही उष्णता खर्च झाली, म्हणून ती उष्णतामापकानें समजली नाहीं. परंतु ती पाण्यात आहे. यास्तव पाण्याची किंवा बर्फाची गुप्त किंवा अनुद्रुत उष्णता १४२ अंश आहे असें म्हणतात.

एक अंश उष्णता.— या अंशाचा अर्थ, उष्णतामानाच्या

अशांपासून अगदीं भिन्न आहे. यास्तव तो भेद सांगतों तो पुरा लक्ष्यांत ठेवा, नार्होपेक्षां घोंटाळा होईल. एक पौंड पाण्याचें उष्णतामान फारेनहीटचा एक अंश चढविण्यास जेवढी उष्णता लागते तेवढ्या उष्णतेस एक अंश उष्णता (उष्णतामान नव्हे) असें झणावें. वरील प्रयोगांत एक पौंड पाण्याचें 142° उष्णतामान चढलें होतें, म्हणून त्या उष्णतेस 142° उष्णता असें म्हटलें आहे. आता हाच प्रयोग दुसऱ्या रीतीनें करून पाण्याची गुप्त उष्णता 142° च आहे कीं काय तें पाहूं.

प्रयोग ३.— हें अच्छेर पाणी 174° फा. उष्णतामानाचें आहे. यात हें अच्छेर बर्फ टाकितों; आणि त्यात हें उष्णतामापक बुडवितों. आता बर्फ वितळत असतां पाण्याचें उष्णतामान कसे रहातें तें पाहूं. पहा, बर्फ वितळत चाललें आहे, आणि उष्णतामापकातील पारा उतरत आहे. सारें बर्फ वितळपर्यंत पारा किती उतरतो तें पाहूं. इतक्यात बरेंच बर्फ वितळलें; या वेळीं उष्णतामापक 50° वर आहे. आतां सारें बर्फ वितळून गेलें. पहा, उष्णतामापक बरोबर 32° वर आलें. म्हणजे एक पौंड बर्फाचें जें उष्णतामान होतें, तेंच आतां दोनही पौंड पाण्याचें आहे.

यावरून एक पौंड पाण्याचें उष्णतामान 142° फा. कमी झालें, तें एक पौंड बर्फाचें पाणी करण्यास लागलें.

32° फा. उष्णतामानाचें एक पौंड बर्फ + $142^{\circ} = 32^{\circ}$ फा.

उष्णतामानाचें एक पौंड पाणी.

174° फा. उष्णतामानाचें एक पौंड पाणी - $142^{\circ} = 32^{\circ}$ फा.

उष्णतामानाचें एक पौंड पाणी.

म्हणून 142° उष्णता पाण्यांत अनुद्भूत म्हणजे गुप्त राहते,

व या उष्णतेस पाण्याची किंवा बर्फाची अनुद्धत उष्णता म्हणतात.

प्रयोग ४.— आतां या कढत्या म्हणजे २१२° उष्णतामानाच्या एक पौंड पाण्यात हा एक पौंड बर्फाचा गोळा टाकून बर्फ वितळल्यावर सर्व पाण्याचें उष्णतामान किती असते तें पाहूं बर्फ वितळत आहे व उष्णतामापक उतरत आहे आता सारे बर्फ वितळलें. परंतु सान्या पाण्याचें उष्णतामान ५१° आहे. तेव्हां कढत्या अचछेर पाण्याचें उष्णतामान $२१२^{\circ} - ५१^{\circ} = १६१^{\circ}$ उतरलें. याकरितां कढत्या अचछेर पाण्यातून १६१° उष्णता बर्फात गेली. परंतु अचछेर बर्फाच्या पाण्याचें उष्णतामान सारें १९° वाढलें आहे. तेव्हा $१६१^{\circ} - १९^{\circ} = १४२^{\circ}$ अश उष्णता एक पौंड बर्फाच्या पाण्यात गुप्त राहिली हें उघड आहे.

३२° फा. उष्णतामानाचें १ पौंड बर्फ + $१६१^{\circ} = ५१^{\circ}$ फा. उष्णतामानाचें १ पौंड पाणी.

२१२ फा. उष्णतामानाचें १ पौंड पाणी - $१६१^{\circ} = ५१^{\circ}$ फा. उष्णतामानाचें १ पौंड पाणी.

∴ $१६१^{\circ} - १९^{\circ} = १४२^{\circ}$ उष्णता अनुद्धत झाली.

प्रयोग ५ — जी उष्णता गुप्त झाली ती बर्फ वितळण्यासच लागली, याविषयीं तुमची खातरी करण्यास्तव, ह्या एक पौंड कढत्या म्हणजे २१२° उष्णतामानाच्या पाण्यात हें ३२° उष्णतामानाचें पाणी मिसळितों. आता या सर्व पाण्याचें उष्णतामान काय आहे तें पाहू. पहा, तें १२२° आहे. म्हणजे दोहों पाण्याच्या उष्णतामानाचें मध्यप्रमाण आहे. जेवढी उष्णता कढत पाण्यातून कमी झाली तेवढीच दुसऱ्या पाण्याची वाढली, आणि काहीं उष्णता गुप्त झाली नाही. कारण, पाण्याचें उष्णतामान चढविण्याव्यतिरिक्त काही दुसरें कार्य तिजला येथे करणें नव्हतें.

१८९. या प्रयोगांवरूनही तुमची खातरी झाली असेल

कों, गरम पाण्यांत थंड पाणी मिसळलें म्हणजे गरम पाण्याचें जेवढें उष्णतामान कमी होतें तितकेंच थंड पाण्याचें वाढतें; आणि गरम पाण्यांत बर्फ मिसळलें, म्हणजे पाण्याचें जेवढें उष्णतामान कमी होतें तेवढें बर्फाचें वाढत नाहीं. दर पौंड बर्फांत १४२° उष्णता फाजील गुप्त होते. व पौंड $उ^{\circ}$ उष्णतामानाच्या पाण्यांत व पौंड $उ^{\circ}$ उष्णतामानाचें पाणी मिसळलें, तर दोहोंचें उष्णतामान $न^{\circ}$ असतें. तर व पौंड पाण्यांतून व ($उ^{\circ}-न^{\circ}$) अश उष्णता गेली. आणि दुसऱ्या पाण्याचें उष्णतामान चढलें, म्हणून त्यांत व ($न^{\circ}-उ^{\circ}$) अश उष्णता आली. परंतु एका पाण्यांतून जितकी गेली तितकीच दुसऱ्या पाण्यांत आली. म्हणून;—

$$व (उ^{\circ}-न^{\circ}) = व' (न^{\circ}-उ^{\circ}), \dots \dots \dots (१)$$

परंतु जर व पौंड $उ^{\circ}$ उष्णतामानाच्या गरम पाण्यांत व पौंड बर्फ $उ^{\circ}$ उष्णतामानाचें मिसळलें, आणि मिश्रणानें झालेल्या पाण्याचें उष्णतामान $न^{\circ}$ असलें, तर बर्फांत व ($न^{\circ}-उ^{\circ}$) इतकीच दृश्य उष्णता आली. परंतु बर्फ वितळण्यास दर पौंडास १४२° उष्णता खर्च झाली आहे. म्हणून व पौंड बर्फाच्या पाण्यांत ($व \times १४२^{\circ}$) इतके अंश गुप्त राहिल. यास्तव;—

$$व (उ^{\circ}-न^{\circ}) = व' \{ (न^{\circ}-उ^{\circ}) + १४२ \} \dots \dots (२)$$

उदाहरणें.

(१). ६०° फा. उष्णतामानाच्या पाण्यांत १००° श. उष्णतामानाचें पाणी मिसळलें, तर मिश्रणाचें उष्णतामान काय होईल ?

उ. १३६° फा.

(२). ५ पौंड २००° फा. उष्णतामानाच्या पाण्यांत ३२° फा. उष्णतामानाचें बर्फ मिसळलें, तर किती बर्फ वितळेल ?

उ. ५.२१ पौंड.

(३). ३२° फा. उष्णतामानाच्या ५ पौंड बर्फात २००° फा उष्णतामानाचें किती पाणी मिसळलें, म्हणजे मिश्रणाचें उष्णतामान ६०° फा. होईल ? उ. ६ ०७ पौंड

(४). १५०° फा उष्णतामानाच्या २ पौंड पाण्यात ५०° फा. उष्णतामानाचें अर्धा पौंड पाणी मिसळलें, तर मिश्रणाचें उष्णतामान काय होईल ? उ. १३०° फा.

१९०. याचा सृष्टींत उपयोग.— तुम्हीं पाहिलें कीं, एक पौंड बर्फ वितळून त्याचें पाणी होण्यास १४२° उष्णता लागते. एक अश उष्णतेचा अर्थ मघा सांगितलेला लक्ष्यांत ठेवा. एक पौंड पाण्याचें १° फा. उष्णतामान वाढविण्यास जी उष्णता लागते, तीस १° उष्णता म्हणतात. असले १४२° उष्णता एक पौंड बर्फाचें पाणी होण्यास लागते. एक पौंड झणजे फारच लहान गोळा असतो. एक टन म्हणजे २२४० पौंड बर्फ वितळण्यास $२२४० \times १४२ = ३१८०८०^{\circ}$ उष्णता लागेल. यावरून बर्फाचे ढिगाचे ढीग व खडकाचे खडक वितळण्यास किती अतोनात उष्णता लागेल, व ती क्रिया किती सावकाश चालेल याची कल्पना करा ! यास्तव ज्या देशात बर्फ पडतें तें वितळण्यास व ज्या पर्वताचीं शिखरें बर्फांनीं आच्छादित असतात तें वितळण्यास अतिशय उष्णता लागते. उष्णता नियमित मिळत असते म्हणून ही क्रिया फारच सावकाश चालते. बर्फ वितळत असतां, सूर्याची उष्णता व आसपासच्या हवेंतील व पदार्थातील उष्णता तें शोषून घेतें. म्हणून इंग्लंडांत व दुसऱ्या शीत कटिबंधांतल्या देशांत हिवाळ्यांत बर्फ पडून ते वितळू लागलें, म्हणजे अधिक थंडी पडते. कारण, बर्फ पडत असतांना पाणी आपल्यातील गुप्त उष्णता बाहेर टाकून घन

होत असतें. परंतु वितळत असतां तें उष्णता शोषून घेतें. जर इतकी उष्णता बर्फ वितळण्यास न लागतां एकदम थोड्या उष्णतेनें बर्फ वितळलें असतें तर सृष्टींत मोठे अनर्थ घडले असते ! एकदम सर्व बर्फ वितळून एकाएकीं मोठे पूर येऊन फार नाश झाला असता !! तुम्हांस ठाऊक असेल कीं, आमच्या हिंदुस्थानातील सिंधु व भागीरथी या नद्यांस जे उन्हाळ्यांत पूर येतात ते हिमालयावरील बर्फ वितळल्यानें येतात. बर्फ सावकाश न वितळतां, एकाएकीं वितळलें असतें, तर नद्यांस एकाएकीं पूर येऊन किनाऱ्यावरच्या लोकांस, जनावरांस व दुसऱ्या वस्तूंस त्यांनीं ओघाबरोबर ओढून समुद्रांत नेलें असतें. परंतु बर्फ वितळण्यास उष्णता फार लागते. यामुळे तें सावकाश वितळून पूर सावकाश येतात वरें, इतकेंच नाहीं, दुसराही एक अनर्थ घडला असता. बर्फाचें पाणी होण्यास पुष्कळ उष्णता लागते. कारण बर्फ + उष्णता = पाणी. झणून बर्फ एकाएकीं वितळल्यानें आसपासच्या पदार्थांतून इतकी उष्णता एकदम कमी झाली असती कीं, तें गोठून नाश पावले असतें !!!

१९१. दुसऱ्या पदार्थांची वितुळण्याची उष्णतामानें आणि त्यांची गुप्त उष्णता :- याचप्रमाणें मेण, तूप, लोणी, गंधके किंवा कोणतीही धातु घेऊन उष्ण केल्यास त्यांचें प्रथम उष्णतामान वाढतें; आणि एकदां त्यांच्या वितळण्यास आरंभ झाला, म्हणजे सर्व वितळून द्रवरूपांत येईपर्यंत उष्णतामान चढत नाहीं. यास्तव त्यांत जेवढी उष्णता जाते, तेवढी पदार्थांचें घनरूप नाहींसें करण्यांत खर्च होऊन गुप्त किंवा अनुद्धूत राहते; व पदार्थ वितळू लागण्याच्या वेळीं जें त्यांचें उष्ण-

तामान असतें, तेंच सर्व पदार्थांचा द्रव होईपर्यंत कायम राह-
तें. हें वितुळण्याचें उष्णतामान प्रत्येक पदार्थाचें कायम अस-
तें. खालीं कांहीं मुख्य पदार्थांचीं वितुळण्याचीं उष्णतामानें
दिलीं आहेत. यांतील उंच उष्णतामानें अद्याप कायम ठरलेलीं
नाहींत. बाल्फोरस्टुअर्टच्या बुकांतून हे आंकडे घेतले आहेत.

पदार्थांचें नांव. फा. अंशांत वि-
तुळण्याचें उष्णतामान.

| | |
|-------------|-----------|
| पारा. | -३७°९ फा. |
| बर्फ. | ३२ |
| चरबी. | ९२ |
| फास्फरस. | १११°५ |
| पोट्यासियम. | १३६ |
| सोडियम. | २०७°७ |
| गंधक. | २३९ |
| कधीळ. | ४५१ |
| बिस्मथ. | ५१२ |

पदार्थांचें नांव. फा. अंशांत वि-
तुळण्याचें उष्णतामान.

| | |
|------------------|-----------|
| शिसें. | ६२० |
| जस्त. | ६८० |
| अंटिमनी. | ८१० |
| रुपें (शुद्ध). | १८३२ |
| सोनें (शुद्ध). | २२८२ |
| घडींव लोखंड. | २९१२ |
| ओतींव लोखंड. | १९१२-२२८२ |
| पोलाद. | २५५० |

पदार्थ वितळू लागल्यावर एक पौंड बर्फाचें पाणी होण्यास
१४२° उष्णता गुप्त होते. त्याप्रमाणें दुसऱ्या पदार्थासही द्रव-
रूप घेतांना उष्णता गुप्त होते. त्यापैकी कित्येकांच्या द्रवरू-
पातर्गत गुप्त उष्णता खालीं दिल्या आहेत.

द्रवरूपांतर्गत गुप्त उष्णता.

| | | | |
|----------------|------|---------|-------|
| पाणी. | १४२° | बिस्मथ. | २२° |
| सोडियम नैट्रेट | ११३° | गंधक. | १६°८७ |
| जस्त. | ५०° | शिसें. | ९°६७ |
| रुपें. | ३७° | पारा. | ५°०९ |
| कधीळ. | २५° | | |

१९२. मिश्रणं.—हीण किंवा मिश्र धातु त्याच्या घटक धातूपेक्षा कमी उष्णतामानावर वितुळतात. ५ भाग कथील आणि १ भाग शिसें मिश्र करून केलेला हीण धातु १९४° श. उष्णतामानावर वितुळतो. ४ भाग बिस्मथ, १ भाग शिसें आणि १ भाग कथील मिश्र करून एक धातु करितात. तो तर ९४° श. उष्णतामानावर वितुळतो. पोलादात कांहीं कार्बोनाचा अंश असतो; तेणेंकरून तें लोखंडापेक्षा कमी उष्णतामानावर वितुळते. यामुळें कलाकौशल्यांत असल्या हीण धातूंचा उपयोग डांक घालण्यास व ओतीव कामास पुष्कळ करितात.

भिन्नभिन्न क्षार मिश्र केले, तरीसुद्धा त्यांचें मिश्रण कमी उष्णतामानावर वितुळते. पोट्यासियम आणि सोडियम यांचे क्षार मिश्र केले, वर मिश्रण घटकांहून कमी उष्णतामानावर वितुळते. यामुळें टाकणखारादि कित्येक पदार्थांचा उपयोग कमी उष्णतामानावर धातु वितळविण्यास करितात, व अशोधित धातूतून शुद्ध धातु काढण्याच्या कृतींतही असले द्रावक पदार्थ मिसळतात. कारण येणेंकरून ते कमी उष्णतामानावर वितुळतात.

पदार्थ वितुळतांना कित्येक बर्फासारखे एकदम द्रव स्थितींत जातात आणि कित्येक सावकाश मृदु होत होत प्रथम रबरब्रीत होतात आणि शेवटीं द्रवरूपांत जातात. लाख एकदम न वितळतां, प्रथम रबरब्रीत होऊन नंतर पातळ होते. धावडी लोखंड, काच वगैरे कित्येक पदार्थांचा असाच प्रकार घडतो.

१९३. विस्फेदन.—उष्णतेनें जेव्हां पदार्थ घनरूपांतून द्रवरूपांत जातात, तेव्हां उष्णता अदृश्य होते. तसें पाण्यांत व दुसऱ्या द्रावक पातळ पदार्थांत जेव्हा घनपदार्थ विरघळतात,

तेव्हांही घनरूप जाऊन पदार्थांस द्रवरूप येते, व यामुळे या विक्लेदन क्रियेसही उष्णता लागावी आणि ती अदृश्य व्हावी. वास्तविक असाच प्रकार घडतो. त्याविषयी प्रयोग करण्यापूर्वी, विक्लेदन म्हणजे काय व तें कसे घडते याविषयी तुम्हास अद्याप सांगितले नाही, तें सांगतो. नंतर विक्लेदन क्रियेत उष्णता गुप्त होते तें दाखविण्यास प्रयोग करीन.

एकादा भरिव पदार्थ कोणत्या तरी पातळ पदार्थांत विरला किंवा विरघळला म्हणजे त्याच्या विरण्यास विक्लेदन म्हणतात. हा सलमताकर्षणाचा परिणाम आहे. भरिव पदार्थाच्या कणांत परस्पर स्नेहाकर्षण असते. परंतु त्यांमधील स्नेहाकर्षण शक्तीपेक्षा द्रव आणि घनपदार्थांचे अणु यांमधील सलमतेच्या शक्तीचा जोर जास्त होतो, तेव्हां पदार्थ विक्लेदन पावतो. जेव्हां हा जोर कमी असतो तेव्हां पदार्थ विरघळत नाही. साखर व मीठ पाण्यात विरतात. परंतु मद्याकांत विरत नाहीत. लाख मद्याकांत विरते, परंतु पाण्यांत विरत नाही. सोने पाण्यांत विरते, परंतु पाण्यात किंवा मद्याकांत विरत नाही. विक्लेदनांत एकमेकांस चिकटून राहणाऱ्या पदार्थांच्या गुणांत कांहींतरी सादृश्य असले पाहिजे. पाण्यात धातूच मात्र विरतात, तेलांत चर्बी विरघळते. मद्याकांत धूपसदृश पदार्थ विरतात. पाण्यांत पुष्कळ पदार्थ विरतात म्हणून तें या जगांत फार महत्त्वाचें झालें आहे. विक्लेदन ही केवळ साधी मिसळ असते, आणि त्यापासून पदार्थांच्या रासायनिक धर्मांत कांहीं फेर पडत नाही. कारण, द्रव तापविला म्हणजे पातळ पदार्थांची वाफ होऊन तो निघून जातो; आणि त्यांत विरलेल्या पदार्थांचे अणु जशाचे तसेच व त्यातील धर्म न बदलतां आपणास मिळतात. विक्लेदनास

पारदर्शकता अवश्य लागते. पदार्थ पाण्यात किंवा पाण्यासारख्या पारदर्शक दुसऱ्या द्रवांत विरला म्हणजे तें विक्लेदन मूळच्याप्रमाणें पारदर्शक असतें. जेव्हां पदार्थाचे अणु द्रवांत न विरतां द्रवात साध्या रीतीनें लोंबत राहतात, तेव्हा ते आपल्या वजनानें खालीं तळास जाऊन बसतात किंवा गाळून त्यांस वेगळें करितां येतें. ही खडूची पूड या पाण्यांत घालवों; पहा, सर्व पाणी पांढरें झालें. म्हणजे खडूचे अणु पाण्यांत लोंबत राहिले आहेत. हे कांहीं वेळानें तळास जाऊन बसतील. बरें या दुसऱ्या पाण्यात मीठ घालतों. पहा, तें कसें पाण्याशीं अगदीं मिळून गेलें असून हें मिठाचें विक्लेदन नुसत्या पाण्यापासून ओळखतां येत नाहीं.

विक्लेदनास स्नेहाकर्षण कमी व्हावें लागतें. यास्तव जेणेकरून स्नेहाकर्षण कमी होईल तेणेकरून विक्लेदनाचें मान जास्त वाढेल. भरीव तुकड्यापेक्षां पूड पाण्यांत जास्त विरघळते. तसेंच उष्णतेनें स्नेहाकर्षण कमी होतें, म्हणून थंड द्रवापेक्षां ऊन द्रवांत विक्लेदनशक्ति जास्त असते. हें या पेल्यांत थंड पाणी आहे व या दुसऱ्यांत ऊन पाणी आहे. दोहों पेल्यांत ही सारख्या वजनाची फटकीची पूड टाकतों. पहा, दोहोंतही ती विरली. आतां आणखी तितकीच दोहोंत टाकतों. पहा, थंड पाण्यांत एक कणही न विरता सर्व तळास जाऊन बसली, आणि ऊन पाण्यांत सारी विरली. आतां आणखी ऊन पाण्यात घालतों. ती न विरतां तळास गेली. यावरून दुसरी एक गोष्ट तुमच्या लक्षात आली असेल कीं, पदार्थाच्या विक्लेदनास मर्यादा असते. भरीव पदार्थाचा कांहीं भाग द्रवांत विरल्यावर ज्या वेळेस जास्त भाग त्यात विरू शकत नाहीं, त्या वेळेस वि-

क्लेदनाची मर्यादा संपली असें जागावें. यानंतर जेवढा पदार्थाचा भाग द्रवांत जाईल तेवढा तळास बसेल. कारण, द्रवाच्या आर्गी जेवढी विरविण्याची शक्ति होती तेवढा पदार्थ तीत विरलेला असतो. अशा विक्लेदनास पूर्ण विक्लेदन म्हणावें. आता पदार्थाचें विक्लेदन होत असताना उष्णता गुप्त होते हें दाखविण्यासाठीं प्रयोग करितों.

प्रयोग ६.— या पेल्यात हें गरम पाणी आहे. याचें उष्णतामान आता ९०° फा. आहे. यात हा सोऱ्याचा खडा टाकितों. आतां हा विरत असता म्हणजे द्रवरूप धारण करित असतां उष्णता अदृश्य होते कीं काय तें पाहू पहा, इतक्यात खडा विरघळला. पाण्याचें उष्णतामान या उष्णतामापकानें पाहूं. पहा, पारा ८५° वर आहे. आणखी हे दोन सोऱ्याचे मोठे खडे पाण्यात टाकितों पहा, ते विरघळल्यानें आणखी ७° उष्णतामान उतरलें. यास्तव सोऱ्यानें द्रवरूप धारण करिताना पाण्यातील उष्णता शोषून घेतली यांत संशय नाही

प्रयोग ७ — या पेल्यांत हें ९०° उष्णतामानाचें ऊन पाणी घेऊन त्यात मोठे घालतों. पहा, या वेळींही पाण्याचें उष्णतामान एक दोन अंश कमी झालें. परंतु पूर्वीच्या इतकें झालें नाहीं.

प्रयोग ८.— या पेल्यात हें त्याच उष्णतामानाचें पाणी घेऊन पाण्यात हे उष्णतामापक बुडवितों यात **नैट्रेट आफ् आमोनिया** आणि **पापडखार** हे पदार्थ घालतों; आणि या कांचेच्या दांब्यानें पाणी दवळतों. पहा, उष्णतामापक कसें झरारां उतरत आहे. इतक्यात १०° उतरलें. आणखी थोडीशी पूढ घालतों. पहा, आणखी १२° उतरलें या प्रयोगात एकंदरीनें फारच उष्णता अदृश्य झाली. या दोन पदार्थांच्या विक्लेदनानें इतकें उष्णतामान कमी करिता येतें, म्हणजे इतकी पुष्कळ उष्णता शोषिली जाते कीं, याच्या योगानें पाण्याचें बर्फ करण्याची यंत्रें केलेलीं असतात.

प्रयोग ९ - हैं हैड्रोक्लोरिक आसिड या पेल्वांत घालतों. याचें उष्णतामान ८०° आहे. आतां यात हा सल्फेट आफ् सोडा या नावाचा क्षार घालतों. याचें विक्लेदन होत असता उष्णतामान कसें उतरतें ते पहा ! पहा, घार इतक्यात १५° उतरला, व आणखीही उतरत आहे. आता यांत हा मूठभर क्षार आणखी घालतों. पहा, तो विरघळला आणि उष्णतामान एकदम २५° उतरले. पुष्कळ आसिड व पुष्कळ क्षार एकत्र करून त्यात पाण्याचे पचपात्र ठेविलें, तर पाण्यातील इतकी उष्णता शोषिली जाईल कीं, तेणेकरून वर्षही करिता येईल.

१९४. शीतताजनक मिश्रणें.- शीतता उत्पन्न करण्यास रसायन शालेंत मीठ व बर्फ यांच्या मिश्रणांचा उपयोग करितात. कारण, हे दोन्ही पदार्थ घन असून त्याचा संयोग झाला म्हणजे ते दोन्ही द्रवरूप होऊं लागतात; आणि द्रवरूप होऊं लागले, म्हणजे पुष्कळ उष्णता शोषितात, व येणेंकरून फार थंडी उत्पन्न होते. याच मिश्रणाचा उपयोग मागील धड्यांत पाण्याचा असाधारण धर्म दाखवितेवेळीं केला होता.

मागीलवरून तुमची खात्री झाली असेल कीं, पदार्थ कोणत्याही रीतीनें घनरूपांतून द्रवरूपांत गेला म्हणजे तो उष्णता शोषून घेतो. कारण, घनपदार्थांच्या कणांमधील स्नेहाकर्षण नाहींसें करण्यास उष्णता अवश्य लागते. कढत चाहा, काफी, दूध वगैरे कढत द्रवांत साखर घातली, म्हणजे तिच्या विक्लेदनानें द्रवाचें उष्णतामान उतरत असतें. परंतु ही गोष्ट तुमच्या लक्ष्यात कधीं आली नसेल. दोन घनपदार्थ अगर एक घन आणि एक द्रव असे मिश्र केल्यानें जर त्यांपासून द्रवपदार्थ उत्पन्न झाला, तर उष्णतामान नेहमी उतरतें. यास्तव कृत्रिम-

रीत्या थडी उत्पन्न करण्यास सृष्टिशास्त्रवेत्ते काहीं अशीं शीत-
ताजनक मिश्रणें घेतात, त्यांपैकीं काहीं तुम्हांस सांगतो.

पदार्थ. परिमाणें. उष्णतामान कमी हो-
(वजनाच्या मानानें) ण्याची सरासरी
इयत्ता.

| | | |
|---|----|------------------------|
| सल्फेट आफ् सोडा | ८ | } फा.५०° पासून ०° पयत. |
| हैद्रो क्लोरिक आसिड | ५ | |
| बर्फाचा चुरा | २ | } ३२°.....५०° |
| मोठ | १ | |
| सल्फेट आफ् सोडा | ३ | } ५०°..... २° |
| जल मिश्रित नैट्रिक आसिड ... | २ | |
| सल्फेट आफ् सोडा | ६ | } ५५°..... १५° |
| नैट्रेट आफ् आमोनिया | ५ | |
| जल मिश्रित नैट्रिक आसिड | ४ | } ५०°.....२०° |
| क्लोराइड आफ् आमोनिया | ५ | |
| सोरा | ५ | |
| पाणी | १६ | } ५०°..... ०° |
| नवसागर | ५ | |
| सोरा... .. | ५ | |
| सल्फेट आफ् सोडा किंवा फास्फोर किंवा धोब्याचा साबूखार ... | ८ | } ५०°..... ०° |
| पाणी | १६ | |

१९५. घनीकरण.—आतां याच्या उलट प्रयोग करू.
पदार्थ द्रवरूपातून घनरूपांत जात असतां काय व्हावें ? द्रवातू-
न उष्णता काढून घ्यावी, तेव्हां तो द्रव घनरूप धारण करील.
म्हणून द्रवाचा घनपदार्थ होतांना उष्णता उद्धृत व्हावी, ह्मणजे

वाहिर पडावी. तसें होतें कीं नाहीं हें पहाण्याकरिता काहीं प्रयोग करूं.

प्रयोग १०.— (टेबलावर पाण्यानें पंचपात्र चिकटविणें) य पंचपात्रात बर्फाचा चुरा व मीठ घालतों. हे दोनही पदार्थ घन आहेत. म्हणून त्याचा द्रव होण्यास पुष्कळ उष्णता लागेल. आता या टेबलावर थोडेसें पाणी ओतून त्यावर हे पंचपात्र ठेवितों कांहीं वेळानें काय होतें ते पाहू पहा, पंचपात्रातील मीठ व बर्फ दोन्ही विरघळत आहेत. यावरून हे पदार्थ उष्णता सन्निधच्या पदार्थातून शोषित आहेत यांत संशय नाहीं. पंचपात्राच्या बुडाशीं पाणी आहे, त्यातील उष्णता यात खर्चीत येत असावी त्यातील उष्णता गेली तर त्या पाण्यास घनरूप यावें. आता बरेंच बर्फ वितळलें आहे. पंचपात्र उचलून पाहू पहा, पंचपात्र वर निघत नाहीं ! तें टेबलास चिकटलें ! पंचपात्र जोरानें काढून घेऊन खाली काय झालें आहे तें पाहूं. पहा, टेबलावरचें पाणी गोंठून तेथें बर्फाची वडी बनली आहे ! ! पंचपात्रातील मिश्रणानें या पाण्यातील उष्णता शोषून घेतल्यामुळें यास घनरूप आलें यांत संशय नाहीं. हा प्रयोग तुम्हीं अवश्य आपल्या हातांनीं करून पहावा. तुम्हास बर्फ मिळालें म्हणजे, किंवा गारा पडतात, तेव्हा गारा गोळा करून, हा प्रयोग सहज करितां येईल; व भाडें दुस्त्या पाण्यानें पाहिजे त्या फळीस चिकटविता येईल. स्वतः आपल्या हातांनी प्रयोग करून पाहिल्यानें जसे या शास्त्राचे सिद्धांत मनावर ठसतात तसे फक्त ऐकून अगर पाहून ठसत नाहींत.

प्रयोग ११ — या कांचेच्या भांड्यात सल्फेट आफ सोडा या क्षाराचा द्रव आहे. काल कढत पाण्यात विरघळेल तितका क्षार विरघळूं देऊन म्हणजे त्याचें पूर्ण विच्छेदन करून हा द्रव तयार केला; व भांड्याच्या तोंडास कातड्याचा तुकडा बांधून हालू न देता तसाच ठेविला होता. पाणी कढत होतें तेव्हा त्यात पुष्कळ क्षार विरघळ-

ला. परंतु आतां या द्रवाचें उष्णतामान फार कमी आहे. यामुळे त्याच्या आंगीं आतां मूळच्याइतका क्षार धारण करण्याची शक्ति नाही. परंतु हा हालविला नाही, म्हणून फाजील क्षार तळीं अव्याप वसला नाही. याप्रमाणें पाणीही न हालूं देता ठेविल्यास त्याचेंही उष्णतामान त्याच्या थिजण्याच्या बिंदूहून म्हणजे 32° हून पुष्कळ कमी करून त्याचें द्रवरूप राखिता येतें थंड देशात हिवाळ्यात रात्रीं कडक थंडी पडली असली, म्हणजे घरातील भांड्यांतलें पाणी सकाळी फारच थंड असतें. म्हणजे त्याचें उष्णतामान 10° किंवा 15° फा. असतें. परंतु एका भांड्यातील पाणी दुसऱ्या भांड्यांत ओतताच तें थिजतें. हा प्रकार इंग्लंडांत व दुसऱ्या थंड देशात वारवार दृष्टीस पडतो. या भांड्यातला द्रव थोडासा हालविला कीं, यांतील फाजील क्षार खालीं वसेल. आता याच्या तोंडावरील कातडे काढून यात हा हरभऱ्या-एवढा त्याच क्षाराचा खडा टाकितों पहा, त्या खड्यासभोंवतीं द्रवातील कण जमू लागले. आणखी हे दोन थोरले खडे टाकितों. पहा, त्याच्या सभोंवतीही कण चिकटताहेत. या भांड्याच्या बाजूस उष्णतामापक लाविलें तर पहा तें चढतें. आता असें न करिता हें उष्णतामापक भांड्यात घालून द्रव ढवळितो. पहा, ढवळताच उष्णतामापकाच्या फुग्यासभोंवार कित्ती क्षार जमला ! पण पाराही कित्ती अंशावर चढला पहा !! पारा चढला यावरून द्रवातून उष्णता बाहेर पडली. ती केवळ त्यातील काहीं क्षारानें घनरूप धारण केलें, यामुळे होय क्षारानें द्रवरूप धारण केल्यामुळे त्यात जी उष्णता गुप्त रीतीनें होती, ती त्यानें तें रूप सोडून घनरूप घेतांच बाहेर टाकिली.

प्रयोग १२ - हाच सिद्धांत दाखविण्यास आणखी एक प्रयोग करितों. कढत पाण्यात जितका विरघळेल तितका **आसिटेट आफ् सोडा** या नांवाचा क्षार विरघळवून हा द्रव तयार केला आणि तो हालूं न देता तसाच ठेविला आहे. हा द्रवही आतां थंड झाल्यामुळे, याच्या आंगीं कढतपणाच्या वेळीं जितका क्षार विद्रुत स्थितींत धरवला, तितका धरण्याचें सामर्थ्य नाही. परंतु न

हालविल्यामुळें अद्याप फाजील क्षार तळीं गेला नाहीं. हें हवेचे साधें उष्णतामापक आहे. याच्या फुग्यास उष्णता लावतांच हवा प्रसृत होऊन पाण्यास खाली लोटिल. आता या फुग्यावर हा द्रव ओतितो. पहा, द्रव घन होऊन फुग्यावर त्याचा पापुद्रा झाला व तत्क्षणीं हवा प्रसृत होऊन तिणें पाण्यास बाहेर लोटिलें.

या प्रयोगांवरून हें स्पष्ट आहे कीं, पदार्थ द्रवरूपातून घनरूपांत जाताना त्यांतून उष्णता बाहेर पडते. जरी त्याच्या थिजण्याच्या उष्णतामानापेक्षां द्रवाचें उष्णतामान कमी केलें, तरी जोंपर्यंत द्रवाचें रूप घन झालें नसून द्रवच असतें तोंपर्यंत त्यांतील द्रवरूपविशिष्ट उष्णता त्यातच असते. परंतु घनीभवन होतांच ती सर्व बाहेर पडते.

१९६. आकुंचनानें उत्पन्न होणारी उष्णता.— घनरूप न येतां जरी द्रवाचें आकुंचन होऊन आकारमान कमी झालें, तरी सुद्धा त्या आकुंचनानें उष्णता दृश्य होते. याविषयीं दोन प्रयोग दाखवितों.

प्रयोग १३.— हें एक पेट सल्फ्युरिक आसिड आहे, व हें एक पेट पाणी आहे. या दोहोंस या कुपींत मिश्र करितों. पहा, मिश्र करितांच कुपी गरम झाली. इतक्यांत हातांत धरवेना इतकी गरम झाली ! इतकी उष्णता उत्पन्न झाली, यास दोन कारणें असावी. एक दोहोंचा रसायन संयोग व्हावा, किंवा दोहोंचें आकुंचन व्हावें. हें मिश्रण थंड करून पुन. मोजतों. सुमारें दोन औंस कमी भरलें. यावरून कांहीं उष्णता या आकुंचनानें उत्पन्न झाली यात संशय नाहीं. जर ४ भाग आसिडात १ भाग पाणी मिसळले, तर ३०° फा. उष्णतामान वाढते.

प्रयोग १४ — या कुपींत हें ५ औंस पाणी आहे. याचें उष्णतामान ८०° फा. आहे. यात हा ५ औंस आल्कोहोल ओतितों.

पहा, मिश्रणाचें उष्णतामान वाढलें व सर्व द्रव १० औंसाहून कमी झाला

१९७. स्फटिकीभवन.— पदार्थ द्रवरूपांतून घनरूपांत सावकाश जात असले, म्हणजे त्यांचे कण पुष्कळ प्रसर्गी अशा चमत्कारिक रीतीनें एकत्र होतात कीं, त्यांस मोठे सुबक असे निरनिराळे भूमितीचे आकार प्राप्त होतात. या आकाराच्या खड्यास स्फटिक म्हणतात; व या कृतीस स्फटिकीभवन असें म्हणतात. निरनिराळ्या पदार्थांच्या स्फटिकास निरनिराळे आकार असतात व त्यावरून ते पदार्थ ओळखितां येतात. या-विषयीं मी आज तुम्हास विशेष सांगू इच्छीत नाहीं. तुरटी कढत पाण्यात विरघळवून तें पाणी थड होऊं दिलें, म्हणजे तुरटीचे सुंदर अष्टपैलू स्फटिक बनतात. या भांड्यांत थोडी-शी तुरटी कढत पाण्यांत विरघळवून तें पाणी सावकाश आटू दिलें. तेणेंकरून साधी पूड तळीं न बसतां पहा, चमत्कारिक सुईसारख्या बारीक कांड्या बाजूनीं जमल्या आहेत. ही कांडी अष्टपैलू आहे. याच प्रकारचे पाण्याचें बर्फ होत असतां स्फटिक बनतात. ते एकाच आकाराचे नसून चित्रविचित्र असतात. या चित्रविचित्र बर्फाच्या स्फटिकांस बर्फाचीं फुलें म्हणतात. तीं या आकृतींत (आ० २३१ व २३२ पहा) दाखविलीं आहेत. इंग्लंडांत हिवाळ्यांत सकाळीं खिडक्यांच्या भिंगांवर त्यावरील द्रव थिजला, म्हणजे अशीं फुलें बनतात.

स्फटिक ही संज्ञा पूर्वीं फक्त काचमण्यास मात्र देत असत, आणि अद्याप काचमण्याच्या पदार्थांस स्फटिकाचे पदार्थ म्हणतात. परंतु आता, विशेष प्रकारच्या स्नेहाकर्षणानें जेव्हां ए-

कादा निरीन्द्रिय पदार्थ सुबक अशी नियमित आकृति धारण करितो, आणि त्या आकृतीच्या बाजू सपाट असून त्या एकत्र टोंकात मिळतात, तेव्हां त्या स्फटिकमभ पदार्थास सृष्टिशास्त्रांत स्फटिक ही सजा देतात. पुष्कळ ठिकाणीं असें दिसून येईल कीं, स्नेहाकर्षण अणूंच्या सभोंवतीं सर्व बाजूस एकसारखें घडत नाहीं. तें कांहीं बाजूकडे अथवा टोंकांकडे विशेष असतें. याकरितां जेव्हां कण कोणत्याही दिशेकडे जाण्यास मोकळे होतात, व आपला स्वाभाविक जो कल आहे त्यास अनुसरतात, तेव्हां ते बहुधा नियमित रचना धारण करितात; व ती रचना अथवा आकृति धारण केल्यावर त्यास स्फटिक अथवा खडे ही सजा देतात, आणि या स्फटिकांमध्ये ज्या कांहीं नियमित रेषांकडे स्नेहाकर्षणाचा जोर जास्त असतो त्यास स्फटिकाचे आस म्हणतात. अणूस किंवा कणांस अशी मोकळीक द्रवस्थितींत किंवा वाफेच्या स्थितींत असते. पदार्थांची हवीतितकी घारीक पूड केली, तरी त्यांचे स्फटिक बनत नाहींत. कारण त्यांच्या कणांस मोकळी गति नसते. त्यांचें जडत्व त्यास परस्परांपासून कांहीं अंतरावर ठेवितें. परंतु द्रावक पदार्थांत विक्लेदन केलें किंवा उष्णतेनें रस केला म्हणजे त्यांस आपल्या कलाप्रमाणें हवेतिकडे जाण्यास मोकळीक मिळते. पाणी आपल्या रसायनशक्तीनें घनपदार्थांच्या अणूमधील स्वाभाविक स्नेहाकर्षण अगदीं निःशक्त करून, गुरुत्वाकर्षणाच्या विरुद्ध आपल्या सर्व भागांत घनपदार्थांच्या अणूस लोंबत राहण्यास त्यांस समर्थ करितें. ह्मणून अशा स्थितीतून घनरूपात जातांना पदार्थांस तद्विशिष्ट नियमित रचना प्राप्त होते. तसेंच जे पदार्थ द्रवरूप धारण न करिता

एकदम वाफरूपांत जातात, त्यांची वाफ सावकाश शीत केली, तरी सुवक व नियमित आकृतीचे स्फटिक बनतात. या स्फटिकांच्या आकृतीचे भेद पुष्कळ आहेत. परंतु लाक्षणिक आकृतीच्या संबंधाने त्यांचे सहा वर्ग कल्पितात. त्या सर्वांचा विचार करण्याचे आज प्रयोजन नाही. केवळ घनीभवनाच्या वेळी ही एक विशेष रचना पदार्थास प्राप्त होते म्हणून त्याविषयी येथे दिग्दर्शन केले.

१९८. घनीभवनाविषयी दुसऱ्या विशेष गोष्टी.—

द्रवीभवन व घनीभवन यांचे उष्णतामान दाब वाढवून कमी करता येते. ह्मणजे दाब वाढविल्याने बर्फ वितुळण्याचे व बर्फ होण्याचे अशी दोन्ही उष्णतामाने उतरतात. मात्र अंतर फार सूक्ष्म असते. पाण्यातील हवा अगदी घालविली ह्मणजे त्यास न थिजू देता पाण्याचे उष्णतामान २१° फा. पर्यंत उतरविता येते; आणि त्यावर तेलाचा थर घातला, तर १०° फा. पर्यंत उतरविता येते. परंतु थोडेसे हालवितांच किंवा त्यात एकादा बर्फाचा हरभऱ्याएवढा तुकडा टाकतांच सर्व एकदम थिजून घट्ट होते; आणि सर्वांचे उष्णतामान ३२° वर येते. कारण, जेव्हां पाणी द्रवरूपातून घनरूपांत जाते, तेव्हां उष्णता बाहेर पडते व ती सर्व पाण्याचे व बर्फाचे उष्णतामान वाढविते. याविषयी एक छोटासा प्रयोग करितो त्यावरून तुमची चागली खात्री होईल.

प्रयोग १५.— मीठ व बर्फ यांच्या मिश्रणात अर्धा पाण्याने भरलेला हा पेला कांहीं वेळापूर्वी ठेविला होता. त्याच वेळी त्यात उष्णतामापक उभे केले व पेलास हालू न देता व सभोवती घनमिश्रण नाहीसे न होऊ देता ठेविला आहे. यामुळे काय झाले आहे ते

पहा. मात्र दुरून उष्णतामापकाच्या पाण्याकडे पहा. पेव्यास धका लागेल तर पेव्यातील पाण्याचें खरें उष्णतामान कळणार नाही. पहा, पाण्याचें उष्णतामान 24° फा. आहे तथापि त द्रवरूपात आहे. आता हा बर्फाचा खडा हळूच रथेंत सोडितों. पहा, त्याच्या सभोवतीं पाणी थिजू लागलें व उष्णतामापक चट्टू लागलें. आता उष्णतामापकाने पाणी ढवळतों पहा, सर्व पाण्याचें बर्फ झालें व उष्णतामापक एकदम 32° वर आलें !

१९९. घनीभवन आणि द्रवीभवन यांचे नियम.— जें प्रयोग दाखविले व पदार्थाच्या रूपांतराविषयी जें सांगितलें, त्यापासून द्रवीभवन आणि घनीभवन यांविषयी जें नियम निष्पन्न झाले ते पुनः सांगतो ते नीट लक्षांत ठेवा.

(१). पदार्थ घनरूपांतून द्रवरूपांत जातांना उष्णता शोषण करितात, आणि ती उष्णता मुक्त किंवा अनुद्रूत असते.

(२). पदार्थ द्रवरूपांतून घनरूपांत जातांना उष्णता बाहेर टाकतात.

(३). द्रवीभवन आणि घनीभवन यांची उष्णतामानें एकच असतात; आणि विवक्षित पदार्थांची, ती उष्णतामानें समान दाब असतां नियमित ह्मणजे न बदलणारीं असतात.

(४). द्रवीभवनास किंवा घनीभवनास एकदां आरंभ झाल्यावर ते पुरे होईपर्यंत उष्णतामान न बदलतां तेच राहते.

प्रकरण १८.

वाय्वीभवन आणि कढणें.

२००. वाय्वीभवन आणि वाफेची अनुद्धत उष्णता.—
पदार्थ घनरूपांतून द्रवरूपांत जात असतां आणि द्रवरूपांतून घनरूपांत येत असतां काय घडतें तें सांगितलें. आता पदार्थ द्रवरूपांतून वायुरूपांत आणि वायुरूपांतून द्रवरूपांत जात असतां कसा प्रकार घडतो तें पाहू.

प्रयोग १.— या चवूंत हें औंसभर पाणी घालतों यांत हे उष्णतामापक बुडवून पाणी या दिव्यावर कढवितों. पहा पाणी गरम होऊं लागले, तसें उष्णतामापकही चढत आहे. इतक्यात १००° वर आलें. आतां १५०° आहे. पहा, आतां २१२° वर आलें परंतु आता पुढें चढत नाही. दिव्याची उष्णता पाण्यास एक सारखी लागत असून उष्णतामापकातील पारा विलकूल चढत नाही. परंतु पाणी सळसळूं लागलें, व त्यातून वाफ जाऊं लागली. आता उष्णतामापक पाण्यातून उचलून वाफेंत धरून तेथें तरी पारा चढतो कीं काय तें पाहूं. पहा, वाफेंतही पारा चढत नाही तेथेंही २१२° वरच तो रहातो. तेव्हा दिव्यातून जी उष्णता पाण्यात जात आहे तिचें होतें तरी काय ? ती नष्ट होत नसून ती एक काम एक सारखें करित आहे. तें कोणतें म्हणाल, तर पाण्याच्या कणास एकमेकापासून दूर लोटून त्यांस वायुरूपांत आणणे हें होय. याजवरून पाण्याचें उष्णतामान २१२° वर चढल्यानंतर पाण्यात जी उष्णता गेली, ती पाण्याची वाफ करण्यात खर्च झाली व ती सर्व वाफेंत गुप्त राहिली. म्हणून तिणें पारा चढला नाही. आता पाण्याची वाफ होऊन सर्व पाणी नाहीसें होत आहे. सर्व पाणी वाफरूपानें गेल्यावर उष्णतामापकावर काय परिणाम होतात ते पहा. आता सर्व पाण्याची वाफ होऊन गेली व उष्णतामाप-

कातील पारा चढू लागला. कारण, दिव्याच्या उष्णतेस आता दुसरें कार्य करण्याचें नसल्यानें ती पाण्यात शिरू लागली व तेणेंकरून तो चढला. असो, पाण्याचें उष्णतामान २१२° वर चढल्यापासून सर्व पाण्याची वाफ होईपर्यंत दिव्यातून जितकी उष्णता पाण्यात गेली तितकी सर्व वाफेंत गुप्त राहिली. आतां ही उष्णता किती गुप्त झाली तें पाहू.

प्रयोग २.— या चबूत हें औंसभर पाणी घालतो. याचें उष्णतामान आता ८०° वर आहे. हा चबू या दिव्यावर ठेवून पाणी ऊन करितों. आता घड्याळांत दोन वाजून तीन मिनिटें झालीं आहेत. आता किती मिनिटांनीं पाण्याचें उष्णतामान २१२° वर येतें तें पाहूं. पारा चढत आहे. अद्याप २१२° वर आला नाही हा! पारा २१२° वर आला! आणि घड्याळांत दोन वाजून सहा मिनिटें झालीं. यावरून तीन मिनिटांत एक औंस पाण्याचें $२१२^{\circ}-८०^{\circ}=१३२^{\circ}$ उष्णतामान चढविण्यापुरती उष्णता दिव्यातून उत्पन्न झाली. पाण्याचे उष्णतामान २१२° वर आल्यावर जी उष्णता पाण्यात जाईल ती सर्व वाफेंत गुप्त राहिल. याकरितां सर्व पाण्याची वाफ होण्यास किती काळ लागतो हें पाहिलें म्हणजे त्यावरून किती उष्णता गुप्त झाली हें कळेल याला काही वेळ लागेल. याकरिता ही क्रिया अशीच चालू देऊन दुसरा प्रयोग करण्यास लागू परंतु हे तुम्हास सांगून ठेवितों कीं, सर्व पाण्याची वाफ होण्यास, पाण्याचें उष्णतामान १३२° वाढण्यास जितका काळ लागला त्याच्या साडेसातपट काळ ($२२\frac{१}{२}$ मिनिटें) लागेल. म्हणजे अडीच वाजण्यास मिनिट दोढ मिनिट रहाण्याच्या सुमारास सर्व पाण्याची वाफ होईल. तीन मिनिटांत १३२° उष्णता पाण्यात आली, तेव्हा $२२\frac{१}{२}$ मिनिटांत $१३२^{\circ} \times ७\frac{१}{२}=९९०^{\circ}$ उष्णता दिव्यातून पाण्यांत जाईल. म्हणजे एक औंस पाण्याची वाफ होण्यास ९९०° उष्णता लागेल व तितकी एक औंस पाण्याच्या वाफेंत गुप्त रूपानें असेल. आता हें पाणी असेच कढू देऊन किती मिनिटें लागतात तें

पाहूं. तोंपर्यंत हाच प्रयोग दुसऱ्या रीतीने करून एक औंस पाण्याच्या वाफेंत ९९०° उष्णताच गुप्त होते हें दाखवितों.

प्रयोग ३ - जर इतकी उष्णता पाण्याची वाफ होताना खर्च होऊन वाफेंत गुप्त रहाते, तर वाफेचें पाणी होताना तितकी उष्णता उद्धृत झाली पाहिजे. हा प्रयोग करण्याकरिता या चवूंत एक औंसभर पाणी घालून चवूच्या तोंडास ही वांकडी वाहकनळी गच्च बसविली आहे. या पेऱ्यांत हें ७ $\frac{१}{२}$ औंस पाणी घातलें आहे. पेऱ्यातील व चवूंतील पाण्याची उष्णतामानें, आता समान, म्हणजे ८०° वर आहेत. आता चवूंतील पाणी उष्ण होण्याकरिता या दिव्यावर ठेवितों, आणि यातील पाण्याची जी वाफ होईल ती या पेऱ्यातील पाण्यांत शिरण्याकरिता वाहकनळीचें तोंड पाण्यात बुडवितों. (आकृति २३३ पहा.) याप्रमाणें चवूंतील सर्व पाण्याची वाफ होईपर्यंत ही क्रिया चालू देतों, आणि सर्व पाण्याची वाफ झाल्यावर पेऱ्यातील पाण्याचें उष्णतामान किती चढतें तें पाहू. यासही वेळ बराच लागेल.

मघा सुरू केलेला प्रयोग कोठपर्यंत आला तें पाहू. पाणी बहुतेक आटत आलें. घड्याळांत दोन वाजून २५ मिनिटें झालीं. आणखी दोन तीन मिनिटांत सर्व पाणी नाहींस झालें पाहिजे. पाणी संपत आलें. घड्याळांत अडीच वाजण्यास मिनिट दीड मिनिट आहे. हा प्रयोग सुरू केल्यावर पाण्याची वाफ वर जाऊ लागली. तेव्हा दोन वाजून ६ मिनिटें झालीं होती. यावरून सुमारें २२ $\frac{१}{२}$ मिनिटांत सर्व पाण्याची वाफ झाली हें उघड आहे. आझीं हें पूर्वी पाहिलेंच कीं, या दिव्यांतून तीन मिनिटांत एक औंस पाण्याचें उष्णतामान १३२° चढविण्यापुरती उष्णता उत्पन्न होते. यास्तव २२ $\frac{१}{२}$ मिनिटांत त्याच्या साडेसात पट, म्हणजे १३२° x ७ $\frac{१}{२}$ = ९९० उष्णता उत्पन्न झाली असावी. परंतु ती उष्णता उष्णतामापकास समजत नाहीं; कारण,

वाफेचें उष्णतामान कढल्या पाण्याच्या उष्णतामानाइनकेंच असतें. याकस्तितां ९९०° उष्णता जी एक औंस पाण्यांत शिरली ती पाण्यास वाफेचें रूप देण्यांत खर्च झाली व तितकी वाफेंत गुप्त राहिली यान संशय नाही.

हा दुसरा प्रयोग कोठवर आला तें पाहूं. यांतील बरेंच पाणी आटलें आहे. पहा, या पेल्यांतील पाण्याचें उष्णतामान चढत आहे. हातास तर हें पाणी चांगलें ऊन लागत आहे. याचें उष्णतामान आतां १९०° वर आहे. सारें पाणी आटलें म्हणजे या पाण्याचें उष्णतामान २१२° वर येईल. या पेल्यांतील पाणी पूर्वीपेक्षा वाढलें आहे. कारण, चबूतल्या पाण्याची वाफ या पेल्यांतल्या पाण्यात शिरून थिजत आहे. म्हणून पेल्यातलें पाणी वाढत चाललें आहे. चबूतलें सर्व पाणी आटलें, म्हणजे चबूंत नेवढें पाणी घातलें होतें तेवढें पेल्यांत जास्त होईल. पहा, चबूतलें पाणी सर्व आटलें व पेल्यांतल्या पाण्याचें उष्णतामान बहुतेक २१२° वर आलें. जी वाफ या पाण्यात येत होती, तिचें उष्णतामान इतकेंच होतें. पेल्यांत एकदर पाणी किती आहे तें मोजूं. पहा, तें $८\frac{१}{२}$ औंस आहे. तेव्हां चबूंतल्या सर्व पाण्याची जी वाफ झाली, ती सर्व यांत थिजली व तिचें पाणी बनलें यांत संशय नाही. कारण, पेल्यात बाहेरचें तर पाणी आलें नाही. यावरून हें स्पष्ट आहे कीं, एक औंस वाफेनें आपल्या अनुद्धत उष्णतेनें $७\frac{१}{२}$ औंस पाण्याचें उष्णतामान ८०° पासून २१२° पर्यंत चढविलें. म्हणजे एक औंस वाफेंतून $७\frac{१}{२}$ औंस पाण्यांत $१३२^{\circ} \times ७\frac{१}{२} = ९९०^{\circ}$ इतकी उष्णता आली. एक औंस वाफेचें जें उष्णतामान होतें तेंच तिच्या एक औंस पा-

प्याचें राहिलें. तेव्हा ९९०° अंश उष्णता एक औंस वाफेंत गुप्त किंवा अनुद्रुत होती हें निश्चयात्मक ठरलें.

२०१. वाफेनें पाणी तापविणें.—या व पूर्वीच्या प्रयोगांवरून दोन गोष्टी निष्पन्न झाल्या, त्या तुम्ही पुन्या लक्ष्यांत ठेवा. पाण्याची अनुद्रुत उष्णता १४२° आहे आणि वाफेची ९९०° आहे. शेवटल्या प्रयोगाच्या सबधानें एक व्यवहारोपयोगी गोष्ट विचार करण्याजोगी निष्पन्न होते ती तुम्हांस सांगून ठेवितों. तुम्हीं पाहिलें कीं, एक औंस पाण्याच्या वाफेनें ७ $\frac{1}{2}$ औंस पाण्याचें उष्णतामान १३२° वाढलें. आमचें स्नान करण्याचें उन पाणी सारें ११०° पासून १२०° फा. उष्णतामानाचें असतें. येथल्या थड पाण्याचें उष्णतामान सरासरी ८०° वर असतें. म्हणून तें स्नानाकरितां तापविण्यास त्याचें सारें ३०° १४०° उष्णतामान वाढवावें लागेल. झणजे ७ $\frac{1}{2}$ पट पाण्याचें जेवढें वाढविलें त्याचा तिसरा हिस्सा वाढविल्यानें बस होईल. याकरितां एक भाग पाण्याच्या वाफेनें ७ $\frac{1}{2}$ च्या तिप्पट म्हणजे २२।२३ भाग पाणी तापेल. झणजे एक घागर पाण्याच्या वाफेनें २३ घागरी पाणी स्नानाजोगें तापेल. येणेंकरून सर्पण फार कमी लागेल असा अर्थ नाही. विवक्षित परिमाणाचें पाणी तापण्यास विवक्षित उष्णता उत्पन्न झालीच पाहिजे. परंतु या रीतीनें, झणजे एक लहानसें भांडें वाफ करण्यास तयार करून त्यास दुसऱ्या पाण्यात वाफ नेण्याची धातूची नळी असली, म्हणजे लहानशा चुलीवर सुलभ रीतीनें पाणी तापवितां येईल, आणि मोठमोठे हाडे तापविण्यास विनाकारण फार उष्णता लागते ती लागणार नाही; व तो तापल्यावर विसर्जनानें जी उष्णता व्यर्थ जाते, ती जाणार नाही;

आणि मोठीं भांडीं घाण होणार नाहींत. लहानसा तापक असला म्हणजे प्रवासांत सुद्धां सहज स्नानाकरिता उष्णोदक तयार करितां येईल. या आकृतींत (आकृति २३४ पहा). दाखविल्या सारखे तापक (बाइलर) युरोपांत पुष्कळांच्या घरीं असतात, व या देशांतही तसा प्रकार सुरू झाल्यास उपयोग होईल. असो. हें विषयांतर झालें. आता हा वेळपर्यंत जे प्रयोग केले त्यांपासून कोणत्या गोष्टी तुम्हांस समजल्या तें पाहून पुढील विषयास आरंभ करितों.

२०२. या व मागील प्रयोगांवरून हें तुम्हांस पूर्ण समजलें कीं, रूपांतर होतांना उष्णता उद्धृत (दृश्य) किंवा अनुद्धृत (अदृश्य) होते. घनाचा द्रव आणि द्रवाची वाफ होतांना उष्णता शोषिली जाऊन अनुद्धृत म्हणजे गुप्तरूपानें द्रवांत व वाफेंत रहाते, परंतु द्रवाचा घन आणि वाफेचा द्रव होतांना ती पुनः उद्धृत होते. ही अनुद्धृत उष्णता थोडीथोडकी असते असें नाहीं. पाण्याची वाफ होण्यास तर फारच उष्णता लागते. एक औंस पाण्याची वाफ होण्यास ९९०° उष्णता लागली पाण्याच्या वाफेविषयीं प्रयोग करितांना एक औंस पाणी घेऊन एक औंस पाण्याच्या वाफेंत किती उष्णता गुप्त होते तें काढिलें. परंतु यांत एक औंस पाण्याचें उष्णतामान फारेनहीटचा एक अंश चढविण्यास जें उष्णतामान लागलें त्यास एक अंश कल्पून तसले ९९०° उष्णता एक औंस पाण्याच्या वाफेंत गुप्त होते असें काढिलें. परंतु मार्गे एक अंश उष्णतेची व्याख्या केली त्यांत एक पौंड पाण्याचें १ अंश उष्णतामान वाढविण्यास जी उष्णता लागते त्यास एक अंश उष्णता कल्पितात असें सांगितलें. त्या मानानें सुद्धां एक पौंड पाण्याच्या वाफेंत

असले ९९° उष्णताच अनुद्धत असते. कारण, एक औंसाच्या ठिकाणी एक पौंड पाणी घेतलें, तर त्याचें उष्णतामान ८° पासून २१२° पर्यंत वाढण्यास ३ मिनिटांच्या जागी $३ \times १२ = ३६$ मिनिटें लागतील आणि एक पौंड पाण्याची वाफ होण्यास याच्या $७\frac{३}{४}$ फट म्हणजे $३६ \times ७\frac{३}{४} = २७०$ मिनिटें लागतील. आणि एक पौंड पाण्याची अनुद्धत उष्णता $१३२ \times ७\frac{३}{४} = ९९^{\circ}$ इतकीच येईल.

वास्तविक वाफेची उष्णता ९६६° फा. मानतात. करवीरी पाणी कढण्याचा बिंदु २१०° असतो. परंतु यास शुद्ध पाणी पाहिजे. आर्मी क्षार असलेलें पाणी घेतलें, यामुळें तें २१२° फा. वरच बहुतेक कढलें. २१०° कढण्याचा बिंदु धरला तर ९७५° अनुद्धत उष्णता येईल. आमचे प्रयोग स्थूलमानाचे असल्यामुळें इतकी चूक येते. परंतु सूक्ष्ममानानें प्रयोग केल्यावरून वाफेची अनुद्धत उष्णता ९६६° असें ठरविलें आहे व हा आंकडा तुम्हीं चांगला लक्ष्यांत ठेवा. डाक्टर ब्लाक याणें आम्हीं केले त्याप्रमाणें प्रयोग केले होते, तेव्हां त्यानेंही वाफेची अनुद्धत उष्णता ९२०° च काढिली होती.

२०३. याप्रमाणें कोणत्याही पदार्थाची वाफ केली तरी अशीच वाफेंत उष्णता गुप्त होते. मग तो पदार्थ द्रवरूपांतून वायुरूपांत जावो किंवा घनरूपांतून एकदम वायुरूपांत जावो. पदार्थाचें रूपांतर होण्यास आरंभ होईपर्यंत उष्णतामान चढतें आणि नंतर सर्व पदार्थाची वाफ होईपर्यंत उष्णतामान तेंच राहून सर्व उष्णता गुप्त होते. याविषयीं दोन प्रयोग दाखवितों.

प्रयोग ४ - या चंत्रूत हें औंसभर ईथर घेतों आणि या मद्याचीच्या दिव्यावर उष्ण करितों. द्रवांत हें उष्णतामापक घालतों.

पहा, उष्णतामापक चढूं लागलें तें इतक्यात ९४° फा वर चढून ईथर कढू लागलें. उष्णतामापक ९४° पुढें चढलें नाही. परंतु ईथरची वाफ होऊन वर जात आहे. यावरून ईथरची वाफ होत असतां उष्णता अनुद्धूत होते यात संशय नाही.

प्रयोग ५ - आयोडीन हा पदार्थ घनरूपातून एकदम वायुरूपीत जातो तथापि त्याचें वायुरूप होत असता उष्णता अनुद्धूत होते. या चढूंत हे आयोडीनाचे कण घालून उष्ण करितों व त्यांत हें उष्णतामापक घालतों पहा, उष्णतामापक चढत आहे. अद्याप चढत आहे. आता वाफा निघूं लागल्या आणि उष्णतामापक चढण्याचें थांबलें. यावरून यथें वाफेंत उष्णता शुभ्र होते यात संशय नाही.

पाण्याच्या वाफेस द्रवरूप देतांना सर्व अनुद्धूत उष्णता उद्धूत होते हें वरील प्रयोगांत व पाणी शुद्ध करण्याच्या प्रयोगांत तुम्हां पाहिलेंच आहे. यास्तव या रूपांतरातही उष्णता अनुद्धूत व उद्धूत होते. यास्तव वाष्पीभवनाविषयीचे नियम सांगतों ते लक्ष्यांत ठेवा.

(१). पदार्थ द्रवरूपांतून वाफेच्या रूपांत जात असतां उष्णता शोषण करितात आणि ती उष्णता अनुद्धूत असते, ह्मणजे उष्णतामापकानें समजत नाहीं.

(२). पदार्थ वाफेच्या रूपांतून द्रवरूपांत जात असतां उष्णता बाहेर टाकतात.

आता द्रवाची वाफ होण्याचीं उष्णतामानें कशीं असतात व त्याचा दुसऱ्या कोणत्या गोष्टींशीं संबंध असतो याविषयी विचार करूं.

२०४. पातळ पदार्थांचें कढणें व तत्संबंधीं विशेष गोष्टी.- आता पाणी कढताना काय काय प्रकार होतात तें

पाहू. पाण्यास उष्णता लाविली म्हणजे ती पाण्याच्या कणांस एकमेकांपासून दूर लोटिते, व पाणी प्रसरण पावते. पाणी ज्या भांड्यांत आहे त्याच्या बुडास उष्णता लाविली म्हणजे उष्णतेच्या सन्निध बुडावर जें पाणी असतें तें प्रसरण पावून हलकें होतें. मग तें हलकें पाणी पृष्ठभागां येऊन पृष्ठभागचें जड पाणी बाजूनी खाली जातें. हें पहा, या भांड्यांत पाणी कढत आहे. मधून पाण्याचे हलके कण वर येताहेत व बाजूनी जड कण खाली जात आहेत. (आकृति २३५ पहा). हा क्रम काहीं वेळ चालून शेवटीं सर्व पाण्याचें उष्णतामान २१२° वर येतें. यानंतर पाणी सळसळून कढू लागतें. पहा, या भांड्यातील पाण्याचें उष्णतामान २१२° वर येताच तें कढू लागलें. भांड्याच्या बुडाकडे पहा. बुडाशीं वाफेचे बुडबुडे प्रथम उत्पन्न होऊन ते पाण्यातून पृष्ठभागां येत आहेत. काहीं फुटून वाफ वर जात आहे; व काहीं न फुटतां तसेच पृष्ठभागां रहाताहेत आणि शेवटीं फुटून वाफरूपानें वर जाताहेत. आता हे बुडबुडे उत्पन्न होण्यास किती प्रतिबंध नाहीसे करावे लागतात तें पाहू.

प्रथम पाणी स्नेहाकर्षणानें भांड्यास चिकटलेलें असतें. ही शक्ति निरनिराळ्या जातींच्या भांड्यांत निरनिराळी असते. कित्येक भांड्यांत पाण्याचें उष्णतामान २१४°।२१५° चढेपर्यंत पाणी कढत नाही. तसेंच पाण्यांत जे वायु व क्षार वगैरे पदार्थ विरघळलेले असतात त्यांपासूनही कढण्यास थोडा प्रतिबंध होतो. हे प्रतिबंध सूक्ष्मच असतात व यांविषयी पुढें विचार करूं. पाणी कढण्यास मुख्य दोन अडथळे असतात त्यांविषयी सांगतो. कणातील परस्पर आकर्षण नाहीसे होऊन सर्व

पाण्याचें उष्णतामान कढण्याच्या बिंदूवर आल्यावर बुडाशीं जे वाफेचे बुडबुडे उत्पन्न होतात, त्यास पृष्ठभागीं येऊन वर जाण्यास मुख्य दोन प्रतिबंध असतात. (१) त्यांवर त्यांवरच्या सर्व पाण्याचा दाब असतो; आणि (२) पाण्यावर हवेचा दाब असतो. या दोन दाबांस एकीकडे करून त्यास वर यावें लागतें. हवेचा दाब दर चौरस इंचावर $7\frac{1}{2}$ शेरांचा आहे. जर चार चौरस इंच पाण्याचा पृष्ठभाग असेल, तर त्यावर ३० शेरांचा भार पडेल. एवढ्या भारास न जुमानतां वाफेचे बुडबुडे पाण्यांतून पृष्ठभागीं येऊन तेथें तसेच रहातात ही मोठी आश्चर्याची गोष्ट आहे. वाफेसारखा लवचिक पदार्थ एवढ्या भाराखालीं चेंपून गेल्याशिवाय राहिल काय ? परंतु वाफेचे बुडबुडे पृष्ठभागीं रहातात, याजवरून त्यांतील वाफेचा जोर हवेच्या दाबाइतका असला पाहिजे. कारण, हवा जेवढ्या जोरानें दाबील तेवढ्या जोरानें जेव्हां बुडबुड्यातील वाफ उलट दाबील तेव्हांच बुडबुडा राहूं शकेल. जर हवेचा दाब वाफेच्या दाबाहून अधिक झाला, तर वाफेचे बुडबुडे चेंपून जातील. वाफेचा जोर अधिक झाला, तर बुडबुडे वरच्या आंगानें फुटून वाफ वर जाईल. हे पहा, वाफेचे बुडबुडे कसे वरच्या आंगानेंच फुटून वाफ हवेंतून वर जात आहे. यावरून पाण्यांतून जे वाफेचे बुडबुडे निघत आहेत त्याच्या आगीं हवेच्या दाबाहून अधिक जोर आहे हें निर्विवाद आहे. असाच प्रकार दुसऱ्या पातळ पदार्थांचाही होतो. कोणत्याही पातळ पदार्थांच्या वाफेचे बुडबुडे बनण्यास त्यांच्या वाफेचा जोर हवेच्या दाबाइतका किंवा त्यांच्याहून जास्त असला पाहिजे. यास्तव सृष्टिशास्त्राचा कढण्याविषयीं असा नियम आहे कीं, जेव्हां पातळ पदार्थांच्या

वाफेचा जोर हवेच्या दाबाइतका होतो, तेव्हां पाणी कढू लाग-
ते; आणि हवेच्या दाबाइतका पातळ पदार्थांच्या वाफेच्या
आंगीं जोर आणण्यास जें उष्णतामान लागते त्या उष्णतामाना-
स कढाचा बिंदु असें म्हणतात.

२०५. कढाचा बिंदु आणि हवेचा दाब.— कढाच्या
बिंदूवरून पर्वतांची उंची मोजणे — यावरून तुम्हीं अशी
शंका काढाल कीं, जर वाफेचा जोर हवेच्या दाबाइतका झाला
म्हणजे पाणी कढू लागते, तर हवेच्या कमजास्त दाबाप्रमाणें
कढाचा बिंदु बदलला पाहिजे. हवेचा दाब कमी असला तर
वाफेचा जोर कमी असतांच पाणी कढू लागवें; आणि हवेचा
दाब वाढला तर कढाचा बिंदु फार चढावा. बसजसें आपण
उच जातो तसतसा हवेचा दाब कमी होतो; आणि खोल जावें
तसा तो दाब वाढतो. म्हणून उच प्रदेशीं थोड्या उष्णतामाना-
वर पाणी कढावें; कारण तेथें हवेचा दाब कमी असतो; म्हणून
तेवढा जोर वाफेच्या आंगीं येण्यास थोडी उष्णता बस व्हावी.
वास्तविक असाच प्रकार आहे. महाबलेश्वरीं पाणी कढत
आहे, असें कल्पू. तेथें पाण्यावर जे बुडबुडे उत्पन्न होतील,
त्याचा जोर तेथच्या हवेच्या दाबाएवढा असला म्हणजे बस
आहे; परंतु महाबलेश्वर समुद्राच्या पृष्ठभागापासून ४,५००
फूट उच असल्यानें तेथें हवेचा दाब बराच कमी आहे. म्हणू-
न तेथच्या बुडबुडातील वाफेचा जोर कमी असेल; व असा
कमी जोराचा बुडबुडा उत्पन्न होण्यास कमी उष्णता लागेल.
याकरितां उच प्रदेशीं पाणी कमी उष्णतामानावर कढते. अ-
नेक प्रयोगांवरून असें अनुमान काढलें आहे कीं, सरासरी
५९० फूट उंचीस कढाचा बिंदु १° उतरतो. म्हणजे ५९० फूट

उचीवर पाणी २११° वर कढतें; आणि १,१४० फूट उचीवर २१०° वर कढतें. यावरून कोल्हापूर येथें जर शुद्ध पाणी कढविलें तर ते २०९° वर कढेल. परंतु येथें सुमारे २१०° व २११° याच्या दरम्यान पाणी कढतें. याचें कारण पाण्यांतील क्षारवगैरे होत. शुद्ध पाणी येथेही २०९° वरच कढेल. याकरितां पर्वतांच्या व स्थळाच्या उंचा कढाच्या बिंदूवरून सहज मोजतां येतात. मात्र पाणी शुद्ध घ्यावें; आणि जितके अंश कढाचा बिंदु उतरेल त्या संख्येस ५९० नीं गुणिलें झणजे जो गुणाकार येईल तितके फूट त्या स्थळाची उंची समजावी.

पृथ्वीवरील कित्येक उंच ठिकाणीं पाणी कढण्यास काय उष्णतामानें लागतात तें सागतों.

| नांव | उंचीफूट. | कढाचा बिंदु. |
|--------------------------------|----------|--------------|
| हिमालय पर्वताचें डोंकिया शिखर. | १८,००० | १८०° फा. |
| मांटब्लॉक (आल्पस पर्वत.)... | १५,००० | १८४.९५° फा. |
| सेंट गाथर्ड..... | ७,००० | १९९° फा. |

हवेचा भार भारमापकांतील पाण्याच्या उचीवरून दर्शवितात, यास्तव त्या रीतीनें हवेचा भार देऊन तेवढा भार असतां कढाचा बिंदु काय असतो तें खालीं दिलें आहे.

| भारमापकांतील पाण्याच्या कपाऱ्याची उची. | कढाचा बिंदु. | भारमापकांतील पाण्याच्या कपाऱ्याची उची. | कढाचा बिंदु. |
|--|--------------|--|--------------|
| २६ | २०४ ९१° फा. | २५ | २१० १९° |
| २६ ५ | २०५ ७९° | २९ ५ | २११ ०७ |
| २७ | २०६ ६७ | ३० | २१२ |
| २७ ५ | २०७ ५६ | ३० ५ | २१२ ८८ |
| २८ | २०८ ४३ | ३१ | २१३ ७६ |
| २८.५ | २०९ ३१ | | |

२०६. हवेच्या दाबाप्रमाणें कढाचा बिंदु उतरतो. हें पाहण्यास उच पर्वतावरच गेलें पाहिजे असें नाहीं. थोडेंसें ऊन झालेलें पाणी वाताकर्षक यंत्राच्या ताटावर ठेवून त्यावर एक ग्राहक पालथा बसवून तो रिता करावा आणि येणें करून पाण्यावरील दाब कमी करावा. झणजे तें पाणी लागलेंच कढू लागतें. पाण्याच्या जागीं आल्कोहोल ठेविला, तर तो चपल असल्यामुळें फारच लवकर कढतो. परंतु याहूनही फार सोपे प्रयोग करून याविषयीं तुमची खातरी करितों.

प्रयोग ६.— हा काचेचा चवू आहे. यात हें थोडेंसें कढत पाणी घालतों, आणि चवू दिव्यावर ठेवून पाणी कढू देतों. पहा, आता पाणी कढू लागलें व वाफही वर जाऊ लागली. आता चवूतील सर्व हवा बाहेर जाऊन पाण्यावरचा सर्व रिता भाग पाण्याच्या वाफेनें भरला आहे. आता चवू दिव्यावरून काढून त्याच्या तोंडास बूध बसवून ते उडदाच्या पिठानें अगदी गच्च करितों. पहा, पाणी कढण्याचे बंद झालें. इतका वेळ पाणी उष्णतेनें कढत होतें. आता चमत्कार पहा कीं, मी या चवूवर थंड पाणी ओतून पाणी कढवितों. (आकृति २३६ पहा.) हा स्पज या पाण्यांत भिजवून चवूच्या बुडावर पिळतो. पहा, थंड पाणी पडताच पाणी कढू लागलें ! आणखी पिळतों. आणखी कढू लागलें. पुनः पिळताच पुनः उकळी फुटून कढू लागतें व वाफेचे बुडबुडे निघतात. मग उष्णतेनें पाणी कढत होतें; परंतु तेंच आता थंडीनें कढत आहे चवूस हात लावा, तो थंड लागतो. थंडीनें पाणी कढणें व तें हातास थंड लागणें हा मोठा चमत्कार तुम्हास वाटत आहे. परंतु या बर्फाच्या यंत्रानें तर पाणी कढून तें थिजताना पहाल, तेव्हा तर अगदी थक व्हाल !! असो. आतां याचें कारण तुम्हास सागतों. पाणी ओतण्यापूर्वीं चवूतील पाण्यावरील पोकळी वाफेनें भरली होती चवूवर पाणी ओततांच ती वाफ थिजून पाण्यांत मिळाली; येणेंकरून पाण्यावरील

वाफेचा भार नाहीसा झाला. तेव्हा पाणी, त्यावरील दाब नाहीसा होताच, कमी असलेल्या उष्णतामानावर कटू लागलें पाणी घालण्याचें बंद होताच चबूंतील पोकळी पुन वाफेने भरली. परंतु पुनः पाणी पडताच पुनः वाफ थिजून पाण्यावरचा दाब नाहीसा झाला व पाणी कटू लागले पहा, आतां जरी यावर पाणी घातलें, तरी बुडबुडे येतात. पाणी थड लागतें. याचें कारण हें कीं, चबूवर थंड पाणी ओतीत आहों; आणि पाण्याची वाफ होण्यास काही उष्णता लागते ती उष्णता पाण्यातून जात आहे. असो. या प्रयोगावरून तुमची पूर्ण खात्री झाली असेल कीं, पाणी कढण्यास केवळ उष्णताच लागते असें नाही कढण्याचा मुख्य सवध पाण्यावरील दाबाशीं आहे. तो दाब कमी करून फार नीच उष्णतामानावरही पाणी कढविता येईल.

या बर्फाच्या यंत्राकडे पहा. येथें हें पाण्याचें भांडें रबरी नळीनें यंत्राच्या या नळीस लाविलें आहे. यत्रात हें येथें वाताकर्षकयंत्र आहे. हें यत्र फिरवितों. येणें करून पाण्यावरील हवा काढून घेतों. यामुळें हवेचा दाब काढून घेताच पहा सळसळून पाणी कटू लागलें. याची रचना व यार्णे बर्फ कसें होतें तें पुढें सागेन. आतां दाब वाढविल्यानें कढण्याचें उष्णतामान वाढतें याविषयीं दोन प्रयोग दाखवितों.

प्रयोग ७ - हें एक धातूचें पात्र आहे यात पाणी घालून या शेंगडींतील विस्तवावर ठेवितों ही तबकडी याच्या तोंडावर बरोबर बसते ती तोंडावर बसवून फटीतून सुद्धा वाफ बाहेर जाऊ नये म्हणून फटीस उडदाचें पीठ लावून अगदीं गच्च बंद करितों. तबकडी च्या या भोंकामध्यें घुचातून हें उष्णतामापक बसवितों, व त्याचा फुगा पाण्यापर्यंत खालीं सारतो. (आ. २३७ पहा.) आतां सडकून विस्तव पेटवून पाणी तापवितों. आतां पाणी तापू लागलें व उष्णतामापक चटू लागलें. पहा, आलें-इतक्यात १८०° वर, आतां पाणी

सळसळूं लागलें उष्णतामापकही २१२° वर आलें इतक्यात वाफेचा जोर किती आहे तो तुमच्या दृष्टीस पडेल. पहा, वाफ आपल्या जोरानें ढाकणास वर उचलून फटींतून बाहेर निघू लागली! बरें, आता ढाकणावर हें वजन ठेवून काय होतें तें पाहू. पहा, उष्णतामापक २१२° हून जास्त वर चढलें. कारण, वाफेस अधिक वजन उचलण्याकरितां अधिक जोर यावा लागला व तो येण्यास उष्णतामान चढावें लागलें.

प्रयोग ८.— हें एक क वाटोळें मजबूत धातूचें पात्र असून त्यात म स्थानीं पारा घातला आहे, व त्यावर व ठिकाणी पाणी आहे. (आ. २३८ पहा.) ही लाव उघड्या तोंडाची ट ठ काचेची नळी भाड्याच्या तोंडास मळसूत्रानें गच्च बसविली आहे व तिचें हें खालचें तोंड पाण्यात बुडालेलें आहे. तिला ही अ इंच माडलेली मानपट्टी लाविलेली आहे वाटोळ्या पात्रास हीं दुसरीं दोन छिद्रे असून एकात हे ब कळीमळसूत्र बसविलें आहे व दुसऱ्यात हें ल उष्णतामापक मजबूत बसविलेलें आहे; व त्याचा फुगा पात्रात आहे. आता व मळसूत्र उघडून वाटोळ्या पात्राखाली हा मद्यार्काचा दिवा ठेवितों पाणी उकळूं लागलें. हें ब मळसूत्र उघडे असल्यानें त्यातून वाफ जाण्यास मार्ग आहे. पहा, त्या द्वारानें वाफ बाहेर जात आहे, व उष्णतामापकातील पारा २१२° वरच आहे. झणजे पाण्याच्या कढाचा बिंदु २१२° वर आहे. आता मळसूत्र बंद करून वाफेस बाहेर जाऊं देत नाहीं आणि काय होतें तें पहा वाफेस बाहेर जाण्यास मार्ग नाहीं, परंतु भाड्याखालील उष्णतेनें पाण्याची अधिकाधिक वाफ होत आहे. पहा इतक्यात नळीत पारा चढूं लागला नळीचें तोंड पाण्यात बुडालेलें आहे व त्यातून हवेचा दाब पाण्यावर आहे. जेव्हा या हवेच्या दावाएवढाच पाण्याच्या वाफेचा दाब पाण्यावरील पाण्यावर होता तेव्हां पारा चढला नाहीं. आता पारा चढला तेव्हां त्यावर हवेच्या दावाहून जास्त दाब झाला यात संशय नाही बरें, उष्णतामापकाकडे पाहू पहा, त्यातीलही पारा २१२° हून जास्त

वर चढला आहे. याचें कारण काय तें पाहूं. पाण्यांतून जी अधिकाधिक नवीन वाफ निघते तिला बाहेर जाण्यास मार्ग नसल्यामुळे ती आकुचित होऊन तिचा दाब पाण्याच्या पृष्ठभागावर अधिकाधिक होत जातो हा दाब किती वाढला हे नळींतील पाण्याच्या उंचीवरून समजतें पहा नळींत आता पारा ३० इंचांवर आहे म्हणजे पाण्यावर दाब मूळच्या दुप्पट झाला. यास्तव कढाचा बिंदुही चढला. यामुळे उष्णतामापकातही पारा २५०° फा. वर आहे. तिप्पट दाब केला, तर पाण्याच्या कढण्याचें उष्णतामान २७५° फा पर्यंत वाढतें. याप्रमाणें पाण्याची वाफ अधिकाधिक आकुचित होऊन दाट होते व तिचा दाब अधिकाधिक वाढतो. त्या मानानें पाण्याचें उष्णतामान वाढतें. परंतु वाफेतील अनुद्धत उष्णता कमी होते. याप्रमाणें १५ पट दाब वाढवून पाण्याचें उष्णतामान किती चढतें तें पंडितानी पाहिलें आहे त्याचें कोष्टक खाली दिलें आहे.

| दाब, हवेचा दाब एक समजून. | उष्णतामान. फा. | दाब, हवेचा दाब एक समजून. | उष्णतामान. फा. |
|--------------------------|----------------|--------------------------|----------------|
| १ | २१२ | ९ | ३५०.७८ |
| २ | २५०.५२ | १० | ३५८.८८ |
| ३ | २७५.१८ | ११ | ३६६.८५ |
| ४ | २९३.७२ | १२ | ३७४.०० |
| ५ | ३०७.५० | १३ | ३८०.४८ |
| ६ | ३२०.३६ | १४ | ३८६.९४ |
| ७ | ३३१.७० | १५ | ३९२.८६ |
| ८ | ३४१.७८ | | |

२०७. कढण्याविषयींचे नियम - या व सर्व प्रयोगांवरून पातळ पदार्थ कसे कढतात व त्यांचें कढण्याचें उष्णतामान कशावर अवलंबून असतें तें समजलें. आता कढण्याविषयीं जे नियम या प्रयोगांवरून निष्पन्न होतात ते सांगतां. आहीं मुख्यत्वेन पाणीच घेऊन प्रयोग केले; परंतु तेच इतर प्रवाही

पदार्थांसही लागू आहेत, व कढण्याचे नियम सर्वास सारखे लागू असतात.

(१). जेव्हां वाफेचें स्थितिस्थापकत्व किंवा तिचा जोर द्रवाच्या पृष्ठभागावरील हवेच्या दाबाबरोबर होतो तेव्हां द्रव कढूं लागतो.

(२). कढण्याचें उष्णतामान हवेच्या दाबाप्रमाणें कमजास्त होतें.

(३). विवक्षित दाब असतां विवक्षित द्रवाचें कढण्याचें उष्णतामान नित्य एकच असतें.

(४). कढण्यास आरंभ झाल्यावर, द्रवाचें उष्णतामान सर्व द्रवाची वाफ होईपर्यंत स्थिर राहते.

कित्येक द्रवरूप पदार्थांचीं कढण्याचीं उष्णतामानें.

(हवेचा दाब 30° इंच).

| | | | |
|---------------|-----------|------------------|----------|
| ईथर | ९४.८° फा. | टरपेंटाइन... | २९३° फा. |
| आल्कोहोल. ... | १७३ १ | सल्फ्युरिक आसिड. | ६४० |
| शुद्ध पाणी... | २१२ | पारा..... | ६६२ |
| असेटिकआसिड. | २४१.१ | गंधक..... | ७५२ |
| आयोडीन | ३४७ | जस्त..... | १९०४ |
| फास्फरस... | २९०° | | |

२०८. कढण्याचें उष्णतामान बदलणारीं दुसरीं कारणें—हा वेळपर्यंत कढण्याचें उष्णतामान बदलणारें मुख्य कारण जो हवेचा दाब त्याविषयीं विचार केला. दुसऱ्या कांहीं कारणानांही हें उष्णतामान थोडेंसें बदलतें. (१) ज्या भांड्यांत पाणी कढविलें असेल, तें भाडें ज्या जातीचें व प्रकारचें असेल त्या मानानें कढाचा बिंदु चढतो. कांचेच्या भांड्यांत पाणी कढण्यास

धातूच्या भांड्यापेक्षा जास्त उष्णतामान लागते. ताब्याच्या भांड्यांत पाणी २१२° उष्णतामानावर कढते. परंतु त्याचवेळीं कांचेच्या भांड्यात २१३° किंवा २१४° उष्णतामानावर कढते. ज्याची आतील बाजू गुळगुळीत असते, त्यापेक्षा खडबडीत बाजूच्या भांड्यात कमी उष्णतामानावर पाणी कढते. जर कांचेचे भांडे तीव्र गंधकाम्लाने साफ केले असले, तर त्यात २२०° किंवा अधिक उष्णतामान होईपर्यंत कधीकधी पाणी कढत नाही. परंतु त्यातच जर धातूचा कीस किंवा तुकडा टाकिला, तर लागलेच २१२° वर पाणी कढते. याप्रमाणे कोणत्याही उष्णतामानावर पाणी कढले, तरी ३० इंच हवेचा दाब असता वाफेचे उष्णतामान २१२° च असते. (२) पाण्यात जे क्षार विरलेले असतात, तेणे करूनही कढण्याचे उष्णतामान वाढते. खाण्याच्या मिठाचे पूर्ण विक्लेदन कढण्यास २२७° आणि सोऱ्याचे पूर्ण विक्लेदन कढण्यास २४०° उष्णतामाने लागतात.

२०९. वाफेची अनुद्धत उष्णता व एकंदर उष्णता - डाक्टर डब्ल्यु. क्लायक यांणे, आझी वाफेची अनुद्धत उष्णता काढण्यास जो प्रयोग केला, तोच प्रयोग करून त्यांणे वाफेची अनुद्धत उष्णता ९९०° असेच ठरविले होते. यावरून २१२° फा उष्णतामानावर वाफेची एकंदर उष्णता $९९० + २१२ = १२०२^{\circ}$ होते. परंतु रेग्नॉल्ट यांने सूक्ष्ममानाने अनेक प्रयोग करून वाफेची अनुद्धत उष्णता ९६६° किंवा ९६७° इ ठरविली आहे. वाट यांणे वाफेच्या शुभ्र उष्णतेवर जे अनेक प्रयोग केले त्यावरून त्यांणे काढिले होते कीं, पाणी कोणत्याही उष्णतामानावर कढविले, तरी वाफेची एकंदर उष्णता कायम असते. म्हणजे वाफेची उद्धत उष्णता आणि शुभ्र उष्णता याची बेरीज कधीं न बदलता नित्य एकच असते. म्हणजे पाण्याच्या वाफेची एकंदर उष्णता $९६६^{\circ} + २१२^{\circ} = ११७८^{\circ}$ असते. यात

वाफेची उद्धृत उष्णता वजा केली झणजे अनुद्धृत उष्णता समजते. पुढे **सदर्न** या पंडितानें असें दुसरे अनुमान काढिलें की, वाफेची एकदर उष्णता बदलते परंतु अनुद्धृत उष्णता नित्य एकच राहते. या दोघाचीं अनुमानें खालील सारण्यात दिलीं आहेत.

$$\text{गु + उ} = ११७८.६$$

$$९६६.६ + उ = \text{एकंदर उष्णता.}$$

पुढे **रेझाल्ट** याने याविषयीं फार सूक्ष्ममानाने आणखी शेंकडो प्रयोग करून असें निश्चयात्मक ठरविले कीं, जसें कढण्याचें उष्णतामान वाढतें, त्या मानानें वाफेतील एकंदर उष्णता झणजे गुप्त किंवा अनुद्धृत उष्णता आणि उद्धृत उष्णता याची बेरीजही वाढते. **वाट** याच्या म्हणण्याप्रमाणें एकदर उष्णता कायम नसते, व **सदर्न** याच्या झणण्याप्रमाणें गुप्त उष्णताही कायम नसते. जर पाण्याच्या कढण्याचें उष्णतामान २२५° फा. असलें, तर गुप्त उष्णता ९५६° आणि एकदर उष्णता $११८४^{\circ}.७$ असतात. कढण्याचें उष्णतामान २७०° असले, तर गुप्त उष्णता ९२७° आणि एकदर उष्णता ११९७° असतात. तसेंच जर २९५° उष्णतामान कढण्याचें असलें, तर गुप्त उष्णता ९१०° आणि एकंदर उष्णता १२०४.५ असतात. कढण्याचें उष्णतामान वाढत जातें, त्याप्रमाणें गुप्त उष्णता कमी होते. परंतु एकंदर उष्णता कायम न राहता तीही वाढत जाते, व ती सर्वदा गुप्त उष्णता व उद्धृत उष्णता यांच्या बेरजेबरोबर नसते. **रेझाल्ट** याच्या गुप्त व एकंदर उष्णतेच्या सारण्या अशा आहेत —

$$\text{गु + उ} = १११६ + \frac{३}{१०} \text{ उ.}$$

$$\text{एकंदर उष्णता} = १११६ + \frac{३}{१०} \text{ उ.}$$

फार सूक्ष्ममानानें एकदर उष्णतेची सारणी अशी होते.

$$\text{एकंदर उष्णता} = १११३.९४ + ३०.५ \text{ उ.}$$

या सारण्यावरून, उष्णतामान माहीत असलें, तर गुप्त उष्णता आणि एकंदर उष्णता समजतील.

क्रियेक पदार्थांच्या वाफेंतील अनुद्धूत उष्णता.

| | | | |
|--------------|--------|-----------------|--------|
| पाणी..... | २६७° ६ | सल्फ्युरिक ईथर. | १६२° ० |
| आल्कोहोल... | ३७४° ४ | टरपेंटाइन... | १३३° २ |
| आसेटिक आसिड. | १८३° ६ | ब्रोमीन | ८२° ८ |

उदाहरणें.

(१). पाण्याच्या वाफेचे उष्णतामान २०५° फा. असेल, तर तिची एकंदर उष्णता काय असेल ? उ ११७७.५

(२). सदर वाफेची गुप्त उष्णता काय असेल ? उ २७२.५

(३). जर पाण्याच्या वाफेची गुप्त उष्णता १०००° असेल, तर तिचें उष्णतामान काय असेल ? उ. १६५° ७

(४). असें सिद्ध कर कीं जेव्हा वाफेचें उष्णतामान १५२४° ३ असेल तेव्हा गुप्त उष्णता शून्य होईल.

२१० वाफ थिजल्यापासून उत्पन्न होणारी उष्णता काढणें - जेव्हां वाफ पाण्यात सोडितों तेव्हा ती थिजते व तिचे पाणी बनतें, आणि तिजमधील गुप्त उष्णता दृश्य होते व पाण्याचें उष्णतामान वाढतें. तसेच खूब दाब वाफेवर घातला, तरी ती आकुंचित होते व तेव्हाही तिजमधील उष्णता उद्धूत होते. वाफेंतून जी उष्णता उद्धूत होते ती जर पाण्यात शोषिली गेली, तर वाफेंतून जितके अंश उष्णता उद्धूत होईल तितके अंश प्रत्येक पौंड पाण्याचें उष्णतामान वाढतें. याकरितां विवक्षित परिमाणाची किंवा वजनाची हवा पाण्यात सोडिली, तर पाण्याचें उष्णतामान किती वाढेल हें समजले पाहिजे.

व पौंड वाफेचें वजन.

व पौंड पाण्याचे वजन.

उ° पाण्याचें उष्णतामान.

ह° वाफेची एकंदर उष्णता.

न° पाणी व वाफ यांच्या मिश्रणाचें उष्णतामान.

तर वाफेंतील उष्णता $h^\circ - n^\circ$ इतके अंश जाईल आणि पाण्यांत $n^\circ - z^\circ$ इतके अंश येईल. म्हणून,—

$$v (h^\circ - n^\circ) = v' (n^\circ - z^\circ)$$

$$n^\circ = \frac{v h^\circ + v' z^\circ}{v + v'}, \text{ आणि } v' = \frac{v (h^\circ - n^\circ)}{n^\circ - z^\circ}$$

या सारण्यावरून वाफ द्रवांत मिसळली असतां मिश्रणाचें उष्णतामान काढता येईल

उदाहरण.— जर 250° फा. उष्णतामानाची २ पौंड वाफ, 32° फा उष्णतामानाच्या १५ पौंड पाण्यात सोडिली, तर मिश्रणाचे उष्णतामान काय होईल ?

$$n^\circ = \frac{v h^\circ + v' z^\circ}{v + v'}$$

$$h^\circ = 222^\circ + \frac{3}{9} z^\circ$$

$$\therefore h^\circ = 222^\circ + \frac{3}{9} \times 250 = 222^\circ + 75 = 297^\circ$$

$$n^\circ = \frac{2 \times 297 + 15 \times 32}{2 + 15} = 168.25$$

प्रकरण ११.

वाष्पभवन, बर्फाचीं यंत्रें आणि प्रवाहीची अंडाकार स्थिति.

२११. वाष्पभवन आणि कढणें.— पदार्थ द्रवरूपातून वायुरूपांत गेला, म्हणजे त्याची वाफ होते. ही वाफ दोन रीतींनीं होते. त्यापैकी एका रीतीनें जी वाफ होते त्याविषयीं सांगितलें. आता दुसऱ्या रीतीविषयीं सांगून दोहोंमध्ये भेद काय आहे तो सांगतों. पाण्याच्या पृष्ठभागीं जी वाफ सावकाश होते त्यास वाष्पभवन असें म्हणतात; आणि पाण्याच्या खालीं उ-

ष्णता लावून पाणी कढते व त्याची वाफ होते त्यास कढणे असे म्हणतात. पाणी कढून त्याची वाफ होण्यास फार उष्णता लागते. परंतु बाष्पभवन नीच व उच्च अशा दोहों उष्णतामानां-वरही सावकाश किंवा जलद चालते. ओर्ली वस्त्रे वाळतात, ओल्या जमिनी सुकतात, नद्या, तळीं, विहिरी, समुद्र वगैरे आ-टतात. हे सर्व बाष्पभवनाचे फल होय. जमिनीवर पाणी सांडले तर कांहीं वेळाने जमीन वाळते व पाणी नाहीसे होते; परंतु जमिनीवर किंवा कपड्यावर तेल पडल्यास ते वाळत नाही, व ते नाहीसे होत नाही. यावरून सर्व पातळ पदार्थांचे बाष्पभवन होत नाही हे उघड आहे. या सबधाने पदार्थांचे दोन वर्ग केले आहेत. ज्यांच्या पृष्ठभागापासून साधारण किंवा त्याहूनही नीच उष्णतामानावर वाफ होऊन ती वर जाते त्या पदार्थांस चपल किंवा उडणारे पदार्थ असे म्हणतात. मागील खेपेस ईथर व आल्कोहोल यांचा चपलपणा दाखविलाच. पाणी जरी त्यांच्या इतके चपल नाही, तरी साधारण उष्णतामानावर त्याची साव-काश वाफ होऊन ती वर जाते. राकू आईल, सुवासिक अर्क, लव्ह्याडर वगैरेही चपल पदार्थ होत. कापूर, बर्फ वगैरे कांहीं घनपदार्थांच्याही पृष्ठभागापासून वाफ जाते. ज्या पदार्थांची को-णत्याही उष्णतामानावर वाफ होत नाही त्यांस दृढ किंवा न उडणारे पदार्थ म्हणतात. बहुतेक तेल या वर्गात येतात. तेल जरी कढविले तरी त्याची वाफ न होता त्याचे पृथग्भवन हो-ऊन त्याचे अवयव वेगळे होतात. हे पृथग्भवन साधारण उ-ष्णतामानावर मुळीच चालत नाही. यामुळे तेल जमिनीवर किंवा कपड्यावर पडले असता कपडा वाळत नाही. जखमेवर तेल लाविले असता ती मऊ रहाते. दिवाळ्यांत आंगास तेल

लाविल्यानं तं फुटत नाहीं. कारण, शरीरातील व जखमेंतील पाणी बाष्पभवनां जातें; परंतु तेल बाष्पभवनां जात नाहीं. यामुळे तें शरीरावर राहून शरीरास मृदु ठेवितें.

पाणी कढून त्याची वाफ वर जाण्यास वाफेचा जोर हवेच्या दाबाएवढा व्हावा लागतो. बाष्पभवनां वाफ वर जाते तेव्हां त्या वाफेचा जोर तितका नसतो. अणून जेव्हां पृष्ठभागावरील हवेच्या दाबापेक्षां पृष्ठभागापासून निघालेल्या वाफेचा जोर कमी असतो तेव्हां त्या क्रियेस बाष्पभवन म्हणतात; आणि जेव्हा हवेच्या दाबाबरोबर वाफेचा जोर असतो व द्रवाच्या समुदायातून वाफ निघते तेव्हां त्या क्रियेस कढणें म्हणतात.

बाष्पभवन सर्व चपल पदार्थांपासून सारख्या प्रमाणानें होत नाहीं. ईथर, आल्कोहोल वगैरे कित्येकांपासून फार होतें. पाण्यासारख्या दुसऱ्या पदार्थांपासून नियमित होतें व सर्व उष्णतामानावर चालतें. कित्येकांचें विवक्षित उष्णतामानाच्या खालीं बाष्पभवन बंद होते. एकाच पदार्थांचें सुद्धां निरनिराळ्या प्रमाणानें बाष्पभवन चालतें. उन्हाळ्यांत पाणी फार आटतें. पावसाळ्यांत लवकर वरें वाळत नाहींत. पसरड्या भांड्यांतील पाणी लवकर आटतें. तसेंच ढांसा वारा सुटला, म्हणजे जमिनी वगैरे लवकर वाळतात. असे प्रकार दृष्टीस पडतात. याकरितां बाष्पभवन कोणत्या नियमांनीं चालतें तें सांगून निरनिराळ्या रीतींनीं उत्पन्न झालेल्या वाफेचें काय होतें याचा विचार करूं.

२१२. बाष्पभवन कमजास्त होण्याचीं कारणें.— बाष्पभवन मुख्यत्वेकरून (१) हवेचा दाब, (२) उष्णतामान, (३) पृष्ठभागावरच्या हवेतील द्रवाची वाफ, (४) वारा, आणि (५) पृष्ठभाग, यावर अवलंबून असतें. उष्णतामान जसजसें

वाढेल त्या मानानें बाष्पभवन अधिक जोरानें चालतें. म्हणूनच उन्हाळ्यात तळीं, नद्या वगैरे आटतात आणि वस्त्रें लवकर वाळतात. तसेंच विस्तवावर ओलें वस्त्र वाळत घातलें तर लवकर वाळतें. असें व्हावें हें उष्णतेच्या सर्वसाधारण नियमास अनुसरूनच आहे.

हें तुझास समजलेंच आहे कीं, दाब कमी करावा तसें पाणी नीच उष्णतामानावर कढतें. कारण, पाण्याची वाफ होण्यास हवेचा अडथळा असतो. तद्दत्त हवेचा दाब कमी असेल तसें बाष्पभवनही खूब जोरानें चालतें. येथल्याहून पन्हाळ्यावर, पन्हाळ्याहून महाबलेश्वरीं वस्त्रें लवकर वाळतात. कारण, त्या उंच ठिकाणीं हवेचा दाब कमी आहे. युरोप व अमेरिका खंडांत साखर करणारे लोक साखरेच्या शिक्क्यांवरील हवेचा दाब वाताकर्षक यंत्रानें कमी करून त्यास नीच उष्णतामानावर दाट करितात. या कुपीत हें शुद्ध पाणी आज वर्षभर आहे. पाणी हा चपल पदार्थ आहे, म्हणून याची वाफ होऊन तें नाहींसें व्हावें तसें झालें नाहीं. कारण, हीत पाणी घातल्यावर पाण्याची वाफ होऊ लागली व ती पाण्यावरच्या रित्या भागांत जाऊन राहिली. परंतु त्या वाफेस बाहेर जाण्यास मार्ग नव्हता. यामुळे पाण्यावरील हवेंत जेवढी वाफ राहूं शकली, तेवढी वाफ झाल्यावर पुढें वाफ होण्याचा क्रम बंद पडला, म्हणून पाणी तसेंच राहिलें. यास्तव पाण्याच्या आसपासच्या हवेंत तिच्या उष्णतामानाप्रमाणें जेवढी वाफ राहूं शकेल तेवढी वाफ झाल्यावर पुढें वाफ होण्याचा क्रम बंद होतो. याच कारणानें पर्जन्यकाळांत व दलदलीच्या ठिकाणीं हवेंत भरपूर वाफ असते, म्हणून तेथें बाष्पभवन जोरानें चालत नाहीं;

आणि तशा जागीं वस्त्रें वगैरे लवकर वाळत नाहींत. परंतु तेथेंच जर सडकून वारा वहात असेल, आणि तेथची पाण्याच्या वाफेनें भारलेली हवा जाऊन तिच्या जागीं नवी हवा येत असेल, तर त्याठिकाणीं बाष्पभवन चालेल. झणून वाऱ्यांत ओलें वस्त्र धरिलें झणजे तें लवकर वाळतें. तसेंच दासा वारा सुटला झणजेही बाष्पभवन फार उत्तेजित होतें, जमिनी लवकर वाळतात, आपलीं आंगें फुटतात व जखमा तटतटतात. याचें कारण हेंच कीं, त्या वेळीं जी हवेत वाफ सांचते ती वाऱ्यानें दुसरीकडे जाऊन त्याठिकाणीं अगदीं कमी वाफ असलेली अशी गार हवा येते. आंगावर वारा घेतल्यानें गार वाटण्याचें बीज हेंच. पृष्ठभाग वाढविल्यानेंही बाष्पभवन उत्तेजित होतें. कारण, पृष्ठभाग वाढल्यानें पुष्कळ कणाची वाफ होऊं लागते. बाष्पभवन फक्त पृष्ठभागीं चालतें, झणून तो वाढविल्यानें जास्त वाफ व्हावी हें स्वाभाविक आहे. चौघडी धोतर वाळत घालण्यापेक्षां एकेरी घातल्याने लवकर वाळतें. ओलें धान्य एकच ठिकाणीं ढोंग करून उन्हांत ठेविल्यापेक्षां पसरल्यानें लवकर वाळतें. तळीं व नद्या लवकर आटतात; पण झरे आणि खोल व अरुद विहिरी लवकर आटत नाहींत. कारण, त्याच्या फार थोड्या पृष्ठभागाचें बाष्पभवन चालतें. तसेंच झाडांनीं आच्छादित स्थळ असलें, झणजे तेथें पाण्याचा साठा पुष्कळ राहून तें स्थळ गार असतें. कारण, सूर्याचे किरण झाडांवर पडतात; परंतु त्यांमधून जमिनीस पोचत नाहींत, झणून तींतील पाण्याचें बाष्पभवन फार होत नाहीं. कोणताही पातळ पदार्थ आटवावयाचा असला म्हणजे उयळ भांड्यांत आटवितात. मिठागरांत समुद्राच्या पाण्यापासून मीठ करिताना असेंच करितात, जमिनींत लांब, रुंद,

पण अगदीं उथळ असे खाडे खणून त्यांत समुद्राच्या भरतीचे पाणी घेतात. सूर्याच्या उष्णतेनें बाष्पभवनानें पाण्याची वाफ होऊ लागते. अशा रीतीनें बरेंच पाणी कमी झाल्यावर बाकीच्या पाण्याच्या आंगीं मिठास द्रवस्थितींत धारण करण्याचें सामर्थ्य रहात नाहीं. इतका द्रव आटताच मिठाचे घन कण पृष्ठभागीं बसू लागतात. मग मिठाच्या कणांचा बराच थर पृष्ठभागीं जमला, झणजे तो पावड्यानें काढून घेऊन आणखी खालच्या पाण्याचें बाष्पभवन होण्यास मोकळीक देतात. अशा शेंकडों गोष्टी सृष्टींत व व्यवहारांत बाष्पभवनानें चालल्या आहेत. बाष्पभवन कोणत्या कारणानीं उत्तेजित होतें व कोणत्या कारणानीं स्थिति होतें तें सांगितलें. आतां बाष्पभवनानें जर सतत पृथ्वीवरील पाण्याची वाफ होऊन वर जात आहे, तर पृथ्वीवरील सर्व पाणी नाहींसें होऊन खडखडाट व्हावा. तसें न होतां तें पाणी पुनः पृथ्वीवर कसकसें येतें याचा विचार करू.

२१३. धुकें आणि ढग.— पाण्यावर सूर्याचे जे किरण पडतात, त्यांच्या योगानें पाण्याची वाफ होऊन तीही उष्ण हवेबरोबर वर जाते. ही वाफमिश्रित हवा जसजशी वर जाते, तशी शीत होते. हवा शीत झाल्यावर तिच्या आंगीं उष्ण असताना जितकी वाफ धारण करण्याचें सामर्थ्य होतें तितकें सामर्थ्य रहात नाहीं. कारण, भारमापक आणि पर्जन्य याचा सबंध मागील एका धड्यात सांगते वेळीं (प्रकरण ११ पृष्ठ २०७ क. ११२) तुम्हांस सांगितलेंच कीं, हवा जसजशी उष्ण असेल त्याप्रमाणें तिच्या मध्ये पाण्याची वाफ अधिक असते. पाणी कढत असता तुम्हीं पहाता कीं, वाफ पाण्यापासून थोडीशी वर जाईपर्यंत अदृश्य असते. कारण, त्या स्थळीं

तेथील हवा व वाफ दोन्ही फार उष्ण असतात. परंतु पाण्यापासून व विस्तवापासून ती थोडीशी वर गेली की, लागलीच ती धुरासारखी दृश्य होते; कारण, विस्तवापासून दूर गेल्यावर हवा व वाफ दोन्ही शीत होतात. यामुळे हवेत ती अदृश्य न राहतां पांढऱ्या लहानशा ढगाप्रमाणें दृश्य होते. याचप्रमाणें समुद्रापासून वाफेनें भरलेली हवा सतत वर जात असता ती आपणास कधीं दिसत नाही. परंतु उंच प्रदेशां गेल्यावर हवा व निजमधील वाफ दोन्ही शीत होतात. म्हणून त्या स्थळां वाफ अदृश्य न राहतां तिजपासून थिजून वेगळी होऊन पांढुरके ढग किंवा धुकें या रूपांनीं दृश्य होते. जेव्हां पृथ्वीच्या सन्निध हवेच्या विस्तीर्ण प्रदेशांत हवेतील वाफ शीत होते, तेव्हां धुकें बनतें. आणि जेव्हां फार उंच प्रदेशां वाफ शीत होऊन जें धुकें बनतें त्यास ढग म्हणतात. ढग केवळ वाफेचे बनलेले नसून वाफ थिजून अति सूक्ष्म अशा पाण्याच्या अणूंचे बनलेले असतात. केवळ वाफ अगदीं अदृश्य धसते. ती थिजून जेव्हां पाण्याचे फारच सूक्ष्म असे अणु बनतात, तेव्हां ढग बनतात.

धुकें मुख्यत्वेकरून पाणथळ जमिनीजवळ आणि मोठ्या जलसमुदायाजवळ बनतें. जेव्हां पाणथळ जमिनीचें किंवा साधारण जमिनीचें उष्णतामान वरील हवेच्या उष्णतामानापेक्षा जास्त असतें, तेव्हां जमिनीपासून जी वाफ निघते ती लागलीच थिजून धुकें बनतें. हवेपेक्षा जमीन नेहमी सायकाळीं उष्ण असते. यास्तव सायंकाळीं दिवस मावळल्यावर धुकें पडतें व सकाळींही पडतें. कमी उष्णतामानाच्या जलाशयावरून उष्ण आणि वाफेनें भरलेला असा हवेचा प्रवाह गेला म्हणजेही वाफ थिजून धुकें बनतें. जेव्हां वाफेनें भरलेली ह-

वा उच प्रदेशीं जाते-तेव्हां तेथील नीच उष्णतामानामुळे वाफ थिजून ढग बनतात.

२१४. पर्जन्य.— या ढगांतून आणखी उष्णतेचें विसर्जन होऊन आणि धुवांकडील गार वाऱ्यांचा समागम होऊन ढग जास्त घन होतात, आणि त्यांतील जलरूप अणु मोठमोठे होत जातात. शेवटीं ते अणु एकत्र मिळतात तेव्हां त्यांचे थेंब बनून पर्जन्याचे रूपानें खाली पडतात. साराश पर्जन्य पडण्यास ढग शीत झाले पाहिजेत. वरील प्रदेशाच्या नीच उष्णतामानानें, ढगापासून जें उष्णताविसर्जन होतें त्यानें, आणि वाफ वर जाताना कमी कमी दाब असलेल्या प्रदेशीं गेल्यानें तिचें जें प्रसरण होतें त्यानें ढग शीत होऊन पर्जन्य पडतो. वाफ व ढग वाऱ्यांच्या योगानें निरनिराळ्या प्रदेशीं जाऊन कसकसा पर्जन्य पडतो आणि तो कित्येक ठिकाणीं सतत पडतो, कित्येक ठिकाणीं मुळींच पडत नाही आणि कित्येक ठिकाणीं नियमित काळींच पडतो, याविषयीं, वाऱ्याविषयीं सांगितल्यावर सागेन. बाष्पभवनानें उत्पन्न झालेली जी वाफ वर हवेत जाते, ती सर्व पुनः पृथ्वीवर कोणत्या तरी रूपानें पडते हें लक्षांत ठेवा.

२१५. बाष्पभवनानें उत्पन्न होणारी थंडी.—पाणी कोणत्याही उष्णतामानावर कढले व त्याची कशाही रीतीनें वाफ झाली, तरी द्रवरूपांतून वायुरूपांत जातांना पाणी पुष्कळ उष्णता शोषून घेतें. कारण, पाणी वाफेच्या रूपांत असण्यास पुष्कळ उष्णता गुप्त रीतीनें वाफेंत असली पाहिजे. पूर्वी एका मयोगात प्रत्यक्ष दाखविलें कीं, १ औंस पाण्याची वाफ २१२° उष्णतामानावर होतांना ९९०° उष्णता गुप्त झाली. पाण्यावर दाब कमी करूनही पाण्याची वाफ अगदीं कमी उष्णतामाना-

वर करिता येते. पृष्ठभाग वाढवून बाष्पभवन उत्तेजित होतें व पाण्याची वाफ होते. परंतु वाफेस वायुरूपांत राहण्यास त्यांत पुष्कळ उष्णता गुप्त राहवी लागते. तशी गुप्त न राहिल तर वाफ होणार नाही. यास्तव पाण्याच्या प्रत्येक अणूस वाफरूप धारण करण्यास काहीं विवक्षित उष्णता अवश्य आहे. यास्तव जर विवक्षित परिमाणाच्या पाण्याची वाफ नवी उष्णता न लाविता अन्य रीतीने केली, तर जी वाफ होईल ती वाफ पाण्यातील व आसपासच्या पदार्थातील उष्णता शोषून घेईल. यामार्गे जर ज्या द्रवाची वाफ होत आहे त्यांतून फार उष्णता जाऊं लागली, तर तो द्रव अधिकाधिक थंड होत जाईल, यात सशय नाही. असे कित्येक चपल पदार्थ आहेत कीं, ते उघड्या हवेंत ठेवितांच त्यांची वाफ आपोआप पुष्कळ होते. या कुपीत ईथर नांवाचा मद्यार्क आहे. हा तुमच्या हातावर ओतलों. पहा, तो इतक्यात उडून गेला. बरें, हातास काय झालें ? हात भारी गार झाला. कारण, द्रवरूपी ईथरास वाफेचें रूप धारण करण्यास जी उष्णता लागली ती त्याणें हातांतून घेतली. तितकी उष्णता हातांतून गेल्यामुळे हात गार झाला. आतां या उष्णतामापकाच्या फुग्यावर हा टिपण्याचा कागद लपेटून त्यावर ईथर ओतलों. पहा, पारा कसा भरारां उतरत आहे. कारण, ईथर या द्रवाची वाफ होऊन वर जात आहे. त्यास वाफेचें रूप धारण करण्यास जी अवश्य उष्णता, ती ईथरानें उष्णतामापकाच्या पाण्यांतून घेतली म्हणून पारा उतरला. आतां हा आल्कोहोल हातावर घ्या. तोही उडून गेला ! व हात गार झाला ! ! याचेंही कारण तेंच. या दोन मद्यार्कांइतकें जरी पाणी चपल नाही, तरी त्याचीही

वाफ होऊन वर जाते व तेजेंकरून थंडी उत्पन्न होते. या कागदानें लपेटलेल्या उष्णतामापकाच्या फुग्यावर हें पाणी ओतितों. वाफ जलद होण्याकरितां त्यावर वारा घालतों. पहा, जसा कागद सुकत आहे, तसा पारा खालीं उतरत आहे. पाण्याची वाफ करून तुझीं नेहमी थंडी उत्पन्न करितां. पाण्याच्या तांब्यावर ओलें फडकें लावून पाणी गार करिता. परंतु खरोखर गार कशानें होतें हें तुझांस माहीत नाहीं. तांब्यावरील ओल्या फडक्यांतून पाणी वाफरूपानें जाऊं लागलें, आणि पाण्याची वाफ होण्यास जी उष्णता लागते ती तांब्यांतील पाण्यातून गेली, म्हणजे तांब्यांतलें पाणी गार होतें. फडकें जसजसें वाळतें, तसतशी त्यांतील पाण्याची वाफ होते आणि या मानानें तांब्यांतील पाण्यांतील उष्णता वाफेंत जाऊन पाणी अधिकाधिक गार होतें. परंतु फडकें वाळलें म्हणजे पुढें गार होत नाहीं. कारण, नंतर वाफ होण्याचा क्रम बदलतो, म्हणून पाण्यांतील उष्णता जात नाहीं. यास्तव पाणी गार होण्यास फडकें सतत ओलें ठेवावें लागतें. परंतु फडकें ओलें ठेवल्यानें काय प्रकार होऊन पाणी गार होतें हें पुष्कळांस माहीत नसतें. याविषयीं माझ्या घरींच एक गोष्ट घडली ती सागतों, म्हणजे त्यावरून पाणी गार कसें होतें ही गोष्ट तुमच्या चांगली लक्ष्यांत राहिल. मीं एके दिवशीं घरच्या माणसांस फडकें लावून गार पाणी करण्यास सांगितलें. मीं सांगितल्याप्रमाणें त्यांनीं दोन प्रहरीं ओलें फडकें तांब्यास लावून ठेविलें. परंतु संध्याकाळपर्यंत फडकें वाळून गेलें; आणि रात्रीं पहातों तों पाणी फार गार नव्हतें. झणून त्यांस मीं सांगितलें कीं, पाणी गार होण्यास फडकें ओलें सतत रहावें लागतें, आणि

याकरितां फडकें वाळू देऊं नका. यावरून त्यास वाटलें कीं, कोणीकडून तरी तांब्यासभोंवार पाणी असलें म्हणजे पाणी गार होईल. याकरितां त्याणीं दुसरे दिवशीं पाण्यानें भरलेल्या उथळ पातेल्यांत तांब्या ठेविला. परंतु तेणेंकरून पाणी गार मुळींच न होतां पातेल्यांतल्या पाण्यासारखेंच तें राहिलें. याचें कारण असें कीं, पातेल्यांतील पाण्याची वाफ तांब्याभोंवतालच्या फडक्यांतील पाण्याइतकी झाली नाहीं, आणि जी थोडी बहुत झाली, तेणेंकरून फक्त तांब्यांतीलच पाण्यातील उष्णता तिणें न घेता पातेल्यांतील पाण्यातीलही घेतली. परंतु पातळ फडकें साऱ्या तांब्यासभोंवतीं ओलें ठेविलें, म्हणजे पृष्ठभाग वाढून चोहों बाजूनीं वाफ होते आणि चोहोंकडून पाण्यातील उष्णता जाते. मातीच्या घागरींत पाणी आपोआप गार होतें त्याचें बीज हेंच. मातीची कच्ची घागर सच्छिद्र असते; यामुळें तिच्या छिद्रांतून पाणी सतत बाहेर येतें; व त्याची वाफ होऊन वर जाते; ही वाफ घागरींतील पाण्यातील उष्णता शोषून घेते. तांब्या ओल्या फडक्यात उपडा टांगिला आणि त्यास झोले दिले, म्हणजे त्यांत जास्त जलदी पाणी गार होतें. कारण, फडकें पाण्याच्या सन्निध असल्यानें तोंडाजवळचें फडकें प्रत्यक्ष पाण्यानें व तोंडाच्या वरचे केशाकर्षणानें ओलें आपोआप राहतें व अधिक वाष्पभवन चालून पाणी जास्त गार होतें. असा. कोणत्याही रीतीनें द्रवाची वाफ झाली तरी उष्णतेचें शोषण होतें, आणि ज्या सन्निधच्या पदार्थांतून उष्णता शोषिली जाते तो पदार्थ गार होतो. डोकें दुखूं लागलें असतां तें गार होण्यास ओली पट्टी घालणें, शरीर गार होण्यास आंगावर पाणी शिंपडून पंख्यानें वारा घेणें, खोलींतील हवा गार होण्यास वाळ्याचे

पडदे भिजवून खिडक्यांस लावणें वगैरे व्यवहारांतील गोष्टींचें बीज हेंच आहे. यास्तव जर उष्णतेशिवाय अन्य कांहीं कृत्रिम रीतीनें पाण्याची पुष्कळ वाफ करिता आली, तर त्याचें उष्णतामान पुष्कळ उतरून तें थिजेल.

२१६. पाण्याच्या वाष्पभवनांनै पाणी थिजविणें.— पूर्वीं तुम्हीं पाहिलेंच कीं, पाण्यावरचा दाब कमी केला, म्हणजे पाणी हव्या तितक्या नीच उष्णतामानावर कढविता येतें. वाताकर्षक यंत्रांनै भांड्यातील हवा काढून घेऊन दाब हवा तितका कमी करितां येतो. आतां असा दाब कमी करून एकदां पाणी कढविलें म्हणजे वाफ उत्पन्न होईल. ती वाफ जर पाण्यावर राहिली, तर पाणी आणखी कढणार नाहीं. कारण, हवेसारखी वाफही पाण्यावर दाबील. वाताकर्षक यंत्रांनै वाफ बाहेर काढता येत नाहीं. कारण, ती काढण्यास यत्न केल्यास ती वाताकर्षकाच्या नळींत थिजेल. याकरितां ही वाफ नाहींशी करण्यास तिजला शोषण करणारा पदार्थ पाहिजे. सल्फ्युरिक अम्ल (गंधकाम्ल) या पदार्थाच्या आर्मी पाण्याची वाफ शोषण करण्याचा मोठा धर्म आहे. या पदार्थांनै वाफेचें शोषण झालें म्हणजे पाण्यावरचा दाब नाहींसा होऊन पाणी पुनः कढेल, व पुनः वाफ उत्पन्न होईल व ती शोषिली जाईल. दरवेळीं जी वाफ होईल, ती पाण्यांतील पुष्कळ उष्णता शोषून घेईल. याप्रमाणें काहीं वेळ पाणी कढू दिलें, व वाफ नाहींशी होऊ दिली, म्हणजे पाण्यांतून इतकी उष्णता कमी होईल कीं, पाण्याचें उष्णतामान ३२° वर येऊन तें थिजेल व बर्फ होईल. याप्रमाणें लेस्ली साहेबानें प्रथम पाणी थिजवून बर्फ केलें. तो प्रयोग तुम्हांस करून दाखवितों.

लेस्लीचा प्रयोग.— या वाताकर्षक यत्राच्या तबकडीवर या उथळ छोट्या बर्शांत हें तीव्र सल्फ्युरिक आसिड ठेवितों. त्यावर या तीनपायी बैठकीवर या छोट्या कांचेच्या खोलगट तुकड्यांत पाणी भरून ठेवितों. या सर्वांवर हा थोरला ग्राहक बसवितों. (आ. २३९ पहा). आतां वाताकर्षक यत्राचा दृष्ट्या आंत बाहेर ओढितों व ग्राहकांतील हवा काढून घेतों. पहा, पाणी कढू लागलें व पाण्यांतून वाफ निघू लागली. इतकी निघत आहे तरी तिच्या दाबानें पाणी कढण्याचें बंद झालें नाहीं. कारण, जी वाफ निघते ती सल्फ्युरिक आसिडांत शोषिली जाते आणि नवी वाफ पाण्यापासून निघते. पहा, बऱ्याच पाण्याची वाफ झाली. तेव्हा कांचेतील पाणी पुष्कळ गार झालें असेल. वाफ त्यातील उष्णता शोषण करित आहे. आणखी थोड्या वेळांत पाणी थिजेल. पहा, पाणी थिजून त्याचें बर्फ झालें ! कारण, कमी दाबावर पाण्याची वाफ होत होती व ती पाण्यांतील उष्णता शोषण करित होती. यामुळें पाण्याचें उष्णतामान कमी होत होत ३२° वर आलें तेव्हां ते थिजलें.

२१७. उल्पास्टनचा क्रायाफोरस.— वरील प्रयोगात वाताकर्षक यत्रानें दाब कमी करून पाण्याची वाफ केली. आतां या यत्रांत दुसऱ्या रीतीनें दाब कमी करून पाणी थिजवून दाखवितों. ही एक काटकोनाकार वाकविलेली नळी असून तिच्या दोहों शेवटांस हे दोन फुगे अ, ब आहेत. या एका अ फुग्यांत थोडेंसें पाणी घेऊन तें कढवितात. सर्व नळी पाण्याच्या वाफेनें भरली, आणि सर्व हवा निघून गेली, म्हणजे ब फुगा बंद करितात. आतां सर्व यत्रांत फक्त पाणी व पाण्याची वाफ मात्र आहेत. या एका अ फुग्यांत सर्व पाणी आणतों. आतां

ब फुग्यांत फक्त पाण्याची वाफ मात्र आहे. या भांड्यात ब-
 र्फाचा चुरा आहे. त्यांत हा रिकामा ब फुगा बुडवितो. (आ०
 २४०). बर्फाचा चुरा वितळत आहे. बर्फ वितळून त्याचें
 पाणी होण्यास पुष्कळ उष्णता गुप्त व्हावी लागते. ती उष्णता
 बर्फाचा चुरा फुग्यातून घेतो. यामुळे फुग्याचें उष्णतामान उत-
 रून आंतील पाण्याची वाफ थिजते व तिचें पाणी होतें. याप्र-
 माणें नळीतील वाफ थिजल्यावर या अ फुग्यांतील पाण्यावर
 कशाचाच दाब नाहीसा होतो. झणून त्यायामून पुनः वाफ निघते
 व ती नळींत व या ब फुग्यात भरते. तिचें या ब फुग्याच्या नीच
 उष्णतामानानें पाणी होतें. हा ब फुगा काढून पाहू. पहा, त्यांत
 बरेंच पाणी जमलें. यावरून इतकें पाणी वाफरूपानें या अ
 फुग्यांतील पाण्यांतून आलें. यावरून त्या वाफेनें पाण्यांतील पु-
 ष्कळ उष्णता शोषण केली असावी. पहा, या अ फुग्याची बा-
 हेरील बाजू दवानें भरली आहे व फुगा अतिशय गार लागतो.
 उष्णतामान पाहूं. पहा तें ४२° फा. वर आहे. इतक्यांत पृष्ठ-
 भागीं बर्फ बनेल. पहा, पाण्याच्या पृष्ठभागीं बर्फाची वडो बनली!

आतां केवळ कृत्रिम रीतीनें वाफ करून थोडेंसें बर्फ करून
 दाखवितो. या पेल्यांत हें ईथर ओतितो. पाण्यापेक्षां ईथर
 फार चपल असल्यानें त्याची वाफ जलद होते व पुष्कळ उष्णता
 शोषिली जाते. या द्रवरूपी ईथरांत ही पाण्याची नळी बुडवितो
 आणि या भात्यानें ईथरामध्यें हवेचा प्रवाह सोडितो. (आ०
 २४१). पहा, ईथरची वाफ भराभर होऊन वर जात आहे, व
 तेणेंकरून ईथरचें व नळीतील पाण्याचें उष्णतामान उतरत
 आहे. नळीतल्या पाण्यात उष्णतामापक घालून पाहू. इतक्यांत
 ५०° वर उष्णतामान आलें. गेलें ४५° वर! एक दोन मिनिटांत

नळींतलें पाणी थिजेल. पहा, आतां पृष्ठभागीं वडी बनली व खालीं बनत चालली आहे ! हा पेला वाताकर्षकाच्या ग्राहका-खालीं ठेविला, तर ईथरची वाफ भारी होऊन इतकें उष्णता-मान उतरतें कीं तेंणेंकरून पारासुद्धां थिजवितां येतो!! ईथरच्या जागीं द्रवरूप सल्फ्युरस आसीड घेतलें, तर घाहूनही जास्त थडी उत्पन्न होते व पारा त्वरित थिजतो.

या प्रयोगावरून तुमची खात्री झाली असेल कीं, कृत्रिम बाष्पभवनां हवी तितकी थंडी उत्पन्न करितां येते. वरील ले-स्लीसाहेबाच्या प्रयोगात ग्राहकांतील व वरच्या भागांतील सर्व वाफ शोषिली जात नसे व आसिडांत वाफ शिरत नसल्यानें फक्त पृष्ठभागीं मात्र वाफ शोषिली जाई व तेंणेंकरून आसि-डाचा पृष्ठभाग पाण्यानें निःशक्त होऊन त्याची शोषकशक्ति कमी होई. यामुळें पाहिजे तितकी वाफ शोषण होत नसे. या-करितां वाफ किंवा हवा आसिडामधून जाण्याजोगी योजना के-ल्यानें पाण्यावरील प्रदेश अगदीं निर्वात होऊन पाण्याची वाफ भरारां होईल व ती शोषिली गेल्यानें भारी उष्णतामान उतरेल व हवें तितकें पाणी थिजविता येईल. अशा प्रकारची योजना करून केरि यानें वाताकर्षक यंत्रानें बर्फ करण्याचें यंत्र केलें आहे. तसलें हें यंत्र पहा. याची रचना कशी आहे व याणें बर्फ कसें करितां येतें तें सांगतों. यास सल्फ्युरिक आसीड ला-गतें व यामुळें या यंत्रानें बर्फ करण्यास बराच खर्च येतो. का-रण वरचेवर आसीड बदलावें लागतें. यास्तव त्याणेंच हें दुसरे यंत्र थोड्या खर्चांत बर्फ करितां येण्याजोगें तयार केलें आहे. जितका पदार्थाचा चपलपणा जास्त तितकी त्याची वाफ लव-कर होते व वाफ होताना उष्णता शोषिली जाते आणि वाफ

थिजताना उष्णता बाहेर पडते. ही गोष्ट या दोहों यंत्राचें मुख्य बीज आहे. आतां या दोहोंचीही रचना तुम्हांस सागतों.

२१८. वाताकर्षक यंत्रानें बर्फ करण्याचें केरी साहेबाचें यंत्र.— या यंत्राकडे नीट लक्षपूर्वक पहा. हें उभें पंचपात्र अथ वाताकर्षक यंत्र आहे. (आ० २४२ पहा). हा डई दांडा खालवर केल्यानें दृष्ट्या खालवर होऊन हवा बाहेर जाते. ही ब ब थोरली लोखडी नळी सल्फ्युरिक आसिडानें भरलेली आहे. इचा व या अ अ वाताकर्षकाचा संयोग या न फ ग नळीनें केला आहे. या ब ब नळीस जोडलेली ही उभी म स त नळी आहे. ही शेवटास काटकोनाकृति असून तिच्या शेवटास रबराच्या नळीनें हें क भांडें पाण्याचें अडकविलें आहे.

आतां हा ड ई दृष्ट्या खालवर केला, म्हणजे या ब ब नळीतील हवा बाहेर जाते. तीत या क भांड्यातील हवा या त स म वाटेनें येते. ती पुनः या ग फ न वाटेनें वाताकर्षकांतून बाहेर जाते. याप्रमाणें या क भांड्यातील पाण्यावरील हवेचा दाब कमी होऊन तें कटूं लागतें. कटूं लागल्यानें वाफ उत्पन्न होऊन ती पाण्यातील उष्णता शोषून घेते. ही वाफ आसिडांतून जात असल्यानें वाफेस आसिड शोषून घेतें. येणेंकरून पाणी पुनः कढतें. पुनः पाण्यातील उष्णता कमी होते. याप्रमाणें काहीं काळ वाताकर्षक चालू ठेविलें, म्हणजे पाण्याचें उष्णतामान ३२° वर येऊन प्रथमतः पाण्याच्या पृष्ठभागीं बर्फाची वडी बनते, आणि नंतर सर्व पाणी थिजून बर्फ होतें.

२१९. अग्नीच्या योगानें बर्फ करण्याचें केरी साहेबाचे यंत्र.—पारीस येथील केरी आंड को या कंपनीनें हें यंत्र शोधून काढून सन १८६२ सालीं लंडन येथील प्रदर्शनांत दाखविलें.

हैं तसलें यंत्र यें आहे तें पहा. यात हे तापक आणि शीतक अ, व मुख्य भाग होत. तापक व शीतक दोन्ही जस्तानें मढिवलेल्या जाड व बळकट अशा घडीं व लोखडी पण्याचे केलेले आहेत. शीतक किंचित् शंकाकार असून समकेंद्राचीं दोन वाटोळीं पचपात्रें एकांत एक वसवून केलेला आहे, व त्यांत हें पाण्याचें भांडें राहण्याजोगी ही पोकळी आहे. दोन्ही भांडीं या म नळीनें जोडलेलीं आहेत आणि दोन्ही एकदम उचलण्याकरितां दोहोंस जोडणारा हा न दाडा आहे. तापक हा तीन चतुर्थांश तीव्र आमोनियाच्या द्रवानें भरलेला असतो. या द्रवांत त्याच्या ६०० पट किंवा अधिक आकाराचा वायु विरलेला असतो. यांतून निघालेला आमोनियन-वायु या म नळीनें शीतकाच्या दोहों समकेंद्राकार पचपात्रामधील जाग्यात जाऊ शकतो. (आ. २४३ पहा). तापकाच्या माथ्यावर हें एक लहानसें भोंक आहे. यांत थोडेंसें तेल ओतून त्यांत हें उष्णतामापक घालता येतें व त्यावरून तापकाचें उष्णतामान समजतें.

या यंत्रानें बर्फ करावयाचें तेव्हां तापक असा जमिनीवर आडवा टेंकून कांहीं वेळ घत्र आडवें धरावें. झणजे शीतकांत कांहीं द्रव असल्यास नितळून तापकात येतो. नंतर तापक या शेगडीवर कोळशाच्या निखाऱ्यात ठेवावा आणि शीतक या पाण्यानें भरलेल्या पिपांत ठेवावा आणि शेगडी सावकाश पेटवावी. या पिपांत या दुसऱ्या पिपांतून या नलिकायंत्रानें थंड पाण्याचा प्रवाह सोडावा येणेंकरून तापकांतील द्रवामध्यें जो आमोनिया विद्रुत आहे तो भरारां निघून शीतकांत शिरतो. तेथील नीच उष्णतामानानें व तापकातून सोसाट्यानें येणाऱ्या

आमोनिया वायूच्या दाबानें शीतकांत आमोनिया वायु द्रवरूप होतो. याप्रमाणें तापक सुमारें एक तासपर्यंत उष्ण केला आणि त्याचें उष्णतामान २७०° फा. पर्यंत वाढू दिलें, म्हणजे त्यातील सर्व आमोनिया वायु निघून जातो व शीतकांत थिजून द्रवरूप होतो. तापकांतील पाणी फार कढल्यानें त्यांत आमोनिया वायु राहत नाहीं. नंतर ज्या पाण्याचें बर्फ करावयाचें तें पाणी या पचपात्रात ३ भरे इतकें घालून तें पचपात्र शीतकांतील या पोकळींत ठेवतात आणि सर्व शीतक या मदवाहक बुरणुसाच्या तुकड्यानें मढवितात. तेणेंकरून बाहेरील उष्णता त्यांत शिरत नाहीं. असें पाण्याचें पचपात्र शीतकांत ठेवून तापक शेंगडीवरून काढून थंड पाण्याच्या पिपांत बुडवितात. येणेंकरून तापकातील पाणी थंड होऊन आमोनिया वायु शोषण करण्याचा त्याच्या आंगी धर्म येतो. याप्रमाणें पाणी आमोनिया वायु शोषण करू लागलें म्हणजे शीतकातील द्रवरूप आमोनियावर दाब नाहींसा होतो व त्याची वाफ भराभर होऊं लागते. शीतकांतील द्रवरूप आमोनिया वायुरूपांत जातांना सन्निधच्या पचपात्रांतील व पाण्यातील उष्णता शोषून घेतो. येणेंकरून या व शीतकाचें उष्णतामान भरारा उतरतें. तापक बुडविलेल्या पिपात एकसारखें थंड पाणी कृत्रिम रीतीनें राहू दिलें म्हणजे शीतकांतून आलेला वायु शोषला जातो; आणि शीतकांत नवीन वायु बनून तो पाण्यातील उष्णता शोषून घेऊन त्यास थंड करितो. याप्रमाणें अर्ध पाऊण तास चाललें म्हणजे शीतकातील पाणी थिजून त्याचें घट्ट बर्फ बनतें. या कृतीस आणा किंवा दोन आणे किमतीचे सारे कोळसे लागतात.

२२०. प्रवाहीची अंडाकार स्थिति.- लालभडक अ-

शा धातूच्या पत्र्यावर प्रवाही पदार्थाचे थेंब टाकिले असता ते एक चमत्कारिक स्थिति धारण करितात. हे एक ताजव्याच्या पारड्यासारखे रुप्याच्या पातळ पत्र्याचे पारडे आहे. हे या मद्याकाच्या दिव्यावर ठेवून उष्ण करितो. आता यावर पाण्याचा थेंब सोडितो. पहा, तो पारड्यांत पसरून कढतो व त्याची वाफ होते. आता हे पारडे पालथे करून त्यावर हा पाण्याचा थेंब सोडितो. पहा, तोही पारड्याच्या बुडावर पसरला आणि त्याची वाफ होऊन वर गेली. पारडे आणखी उष्ण होऊ देतो. आणि नंतर पाण्याचे थेंब त्यावर पाडले, तर त्याचे काय होते ते पाहू. आता पारडे लाल झाले. यावर हा थेंब टाकतो. पाणी लाल धातूवर पडले असता चुरचुरावे तसे चुरचुरत नाही. पहा, तो थेंब पसरतही नाही. त्याची वाफही होत नाही. पहा, तो इकडून तिकडे कसा फिरत आहे ! त्याचा आकार चपट्या आड्यासारखा सुंदर दिसत आहे. थेंब पारड्यास स्पर्श न करिता, त्याच्या खालच्या बाजूस जी वाफ होते त्यावर तो अलग रहातो. म्हणून त्याची वाफ होत नाही. खालच्या बाजूने झालेली वाफ जरी एकसारखी निघून जाते तरी पारड्याच्या उच्च उष्णतामानाने आणखी वाफ होते. यामुळे थेंबाखाली वाफेची गादी राहते. यामुळे त्याचा लाल धातूशी स्पर्श होत नाही. आता आणखी पांच सहा थेंब पाणी घालतो. ते सारे एकत्र होऊन मोठा थेंब बनून पहा उडू-बागडू लागला. या थेंबाचा परीघ अगदी वक्र नाही. बारीक रीतीने पहाल तर त्याच्या परिघास खाचा पडलेल्या आहेत, असे दिसेल. लेन्साच्या योगाने याचे प्रतिबिंब जर पडद्यावर पाडिले तर त्याचा आकार या आकृतीत (आकृति २४४ पहा).

दाखविल्याप्रमाणें सुंदर वरतरे पाडलेल्या हिऱ्यासारखा दिसतो. हा थेंब बाहेर फुकून बारीक थेंब घालतो. पहा, खालच्या बाजूच्या वाफेवर पाण्याचे तुषार कसे उडत आहेत!

आतां हें पारडें दिव्यावर पालयें ठेवून त्यावर या स्पजानें पाण्याचे थेंब पिळतो. पहा, ते कसे पारड्याच्या पृष्ठभागास स्पर्श न करितां, खालीं उडत बागडत उतरत आहेत. (आ० २४५ पहा). आतां यावर या पिपेटांतून हळूच एक थेंब सोडून आणखी पाणी पडू नये म्हणून पिपेट आगठयानें गच्च धरितो. पहा, पाण्याचा थेंब कसा अलग पिपेटाच्या तोंडाशीं लोंबत राहिला आहे. (आकृति २४६ पहा). थेंब व पारडें यांमध्ये वाफेची गिरदी आहे, ती बहुतेक स्पष्ट दिसते व तींतून पलीकडचा पदार्थही दिसतो. याहून स्पष्ट रीतीनें पहाणें झाल्यास सपाट एक पातळ व गुळगुळीत रुप्याचा पत्रा घेऊन तो दिव्यावर लालभडक करावा. लालभडक झाल्यावर त्यावर पाण्याचा मोठासा थेंब सोडावा. झणजे तो त्याखालील वाफेच्या गादीवर अलग राहिल. नंतर त्यात बारीक तार घालून तो स्थिर करावा म्हणजे दुसऱ्या बाजूस तेवत असलेल्या मेणबत्तीची ज्योत खालील वाफेच्या पारदर्शक गादींतून स्पष्ट दिसेल. (आकृति २४७ पहा). आता या पारड्यावर हा थेंब असता खालील दिवा काढितो. तरी पहा, पाण्याचा थेंब अलग आहे. आणखी पारडें थड झाल्यावर काय होतें तें पाहू. अद्याप थेंब वाफेच्या गादीवर अलग आहे. थड होण्यास थोडासा वेळ लागेल. पहा, थेंब पारड्याच्या पृष्ठभागावर पडून पसरला आणि चुरे होऊन त्याची वाफही पारड्याच्या वर गेली.

पाण्याचा थेंब लाल पत्र्यावर अलग राहतो, याचें कारण,

त्याच्या खाली जी वाफेची गादी बनते ती पाण्याचा व लालभडक पाण्याचा स्पर्श होऊ देत नाहीं हें होय. या कारणास्तव लालभडक पाण्यावर पाण्याचा थेंब अगदीं थड रहातो. ही जी लालभडक पाण्यावर पाण्यास स्थिति प्राप्त होते हीस पाण्याची अंडाकार स्थिति असें म्हणतात. या स्थितींत तुम्हीं पाणी, पारा वगैरे पातळ पदार्थ शीत पदार्थांच्या पृष्ठभागावर व मुख्यत्वे तेलकट पृष्ठभागावर पाहिले असतील. कमळाच्या किंवा अळवाच्या पानावर मोत्यांसारखे पाण्याचे वाटोळे थेंब तुम्हीं पुष्कळ वेळ पाहिले असतील. तसेंच पाण्याचे थेंब बमिनीवर पडले असता त्याचे गोल थेंब बनतात. हा पाण्याचा थेंब या टेबलावर ठेविला तर पहा त्याचा कसा गोल बनतो. ही स्थिति, थोडे पाणी किंवा थोडा पारा असला तर मात्र त्यांस येते. फार असल्यास द्रव पसरतो; परंतु लाल भडक पाण्यावर पुष्कळ द्रव असला तरी तो त्याच्या खाली जी वाफेची गादी बनते तीवर तो अलग रहातो. तो स्वभावतः पसरत असता त्याच्या खालील वाफ त्यास पसरू देत नाहीं. यामुळे थेंबास चपट्या अड्याचा आकार येतो.

यावरून जेथे अशा रीतीने वाफेची गादी बनेल तेथे खालील उष्णतेपासून इजा होणार नाही व वाफेच्या गादीने बचाव होईल. पाण्याने भिजवून बोट या लालभडक पाण्यास लावितो; पहा, बोटास काहीं झालें नाहीं. या निखाऱ्यांत ओलें बोट बुडविलें तरी बोट अगदीं भाजत नाहीं. याप्रमाणें ओलें बोट लोखंडाच्या किंवा धातूच्या रसात बुडविता येतें. याचें कारण इतकेंच कीं, बोटावरच्या पाण्याची वाफ बनून ती बोट व उष्ण पत्रा किंवा निखारे यामध्यें रहाते आणि बोटाचा

त्याच्याशीं समागम होऊ देत नाहीं. प्राचीनकाळीं, दिव्य करण्याकरितां निखाऱ्यावर किंवा तापलेल्या लालभडक पत्र्यावर मनुष्यास चालवीत व त्यांतून कित्येक काहीं इजा न होतां पार पडत; त्याचें कारण हेंच असावें. त्यांच्या पायांखालीं वाफेची गादी बनल्यानें त्याचा उष्णतेपासून बचाव होत असे. खान करून ओलेत्यांनीं निखाऱ्यांवरून चालताना भीं प्रत्यक्ष एका जत्रेंत पाहिलें आहे. ज्याच्या पायांखालीं उष्ण पत्र्यावरून किंवा निखाऱ्यावरून खालीं येईपर्यंत वाफेची गिरदी राहणार नाहीं त्यांचे पाय भाजतील; आणि ज्यांच्या पायांखालीं वाफेची गादी निखाऱ्यावरून खालीं येईपर्यंत राहिल त्यांस कांहीं इजा होणार नाहीं.

प्रकरण २०.

वाफेचा स्थितिस्थापक जोर, वाफेची परम-
दाढ्यांची स्थिति आणि आर्द्रतामापन.

२२१. वाफेची स्थितिस्थापक शक्ति.—वाफेच्या आंगां जी स्थितिस्थापक शक्ति असते व तेणेंकरून जो तिच्या आंगां जोर येतो त्याच्या योगानें वाफेचा उपयोग व्यवहारात अनेक प्रचंड कार्ये करण्यास होतो. वाफेच्या आंगां जो जोर असतो तो दाखविण्यास हा प्रयोग करितों तो पहा.

प्रयोग १.— ही वाकविलेली नळी आहे. हिचें हें आखूड टोंक बंद असून हें दुसरें मात्र उघडें आहे; ही आखूड बाजू सारी व लांब बाजूपैकीं काही भाग पाऱ्यानें भरतों. आता ईंधर या प्रवाहीचा एक थेंब आखूड बाजूकडे घालवितों. तो थेंब पाऱ्याहून हलका असल्यामुळें आखूड बाजूच्या व माध्यापर्यंत चढतो. पहा, हा निवळ

ईथरचा थेंब पाण्यावर दिसत आहे. या पत्रपात्रांत १२०° फा. उष्णतामानाचे पाणी आहे. यात ही नळी बुडवितो. आखूड टोंक सारें पाण्यात आहे. यामुळे ईथरचें उष्णतामान वाढेल. पहा, इतक्यात आखूड भागातील पारा उतरून लागला व ईथर नाहीसें होत चाललें ! आता प्रवाही ईथर पाण्यावर मुळीच दिसत नाही आणि पारा येथ (अ) पर्यंत उतरला. (आ. २४८ पहा). पाण्यावरील भाग हवेसारख्या वायूनें भरलेला आहे.

बरें, पाण्यास खाली लोटलें कोणी व असला जड पारा खाली लोटण्यास त्याच्या आंगीं जोर कसा आला तें पाहूं. ईथर १४° फा. उष्णतामानावर कढतें. झणून १२०° फा. उष्णतामानाच्या पाण्यांत नळी बुडवितोच ईथर कढलें व त्याची वाफ झाली. त्या वाफेनें आपल्या जोरानें पाण्यास खाली लोटिलें यांत सशय नाही. कारण, त्यांत दुसरें कोणी लोटण्यास नव्हतें. उघड्या नळीतील पाण्यावर हवेचा दाब होता. या दाबासकट पारा छोट्या नळीतील ईथरावर दाबीत होता. इतका दाब न जुमानतां एवढ्याशा वाफेनें पाण्यास खाली लोटिलें. तेव्हां तिच्या आंगीं किती जोर होता याची अटकळ करा. आतां ही नळी या गरम पाण्यातून काढून या थंड पाण्यात बुडवितो, पहा काय झालें ! पारा आखूड नळींत चढला आणि इतक्यांत ईथरचा प्रवाही थेंब दिसूं लागला, व वाफ मुळीच नाहीशी झाली. कारण, थंड पाण्यानें ईथरची वाफ थिजून तिचा द्रव झाला. आतां ही नळी पुनः गरम पाण्यांत बुडवितो. पहा, पुनः ईथरची वाफ होऊन पारा खाली गेला. आतां यातून काढून या कढत्या पाण्यांत नळी बुडवितो. पहा, आणखी पारा खाली गेला. कारण जास्त उष्णतेनें वाफेच्या आंगीं अधिक जोर आला.

लांकडे व कोळसे जळत असतां तडतडतात व त्यातून ठिणग्या उडू लागतात. याचें काय कारण असावें याचा तुम्हीं कधीं विचार केला नाहीं. कोळसे व लांकडे यांच्या छिद्रांत वायु व वाफा असतात. त्या उष्णतेनें फुगल्या म्हणजे त्यांच्या आंगां जास्त स्थितिस्थापक जोर येतो. त्या जोरानें लांकडे व कोळसे तडतडतात व कोळसे व ठिणग्या जिकडे तिकडे उडतात. तसेंच सगळीं फळे भाजावयाचीं असलीं, म्हणजे त्यांस थोडी चीर पाडतात किंवा दुखावतात. कारण, असें केलें नाहीं तर त्यांतील रसाची वाफ होऊन तिच्या जोरानें फळे फुटतात व जिकडे तिकडे उडतात. चीर असली म्हणजे तींतून वाफ निघून जाते.

२२२. निर्वीनस्थळीं वाफ तत्काळ होते.— मागील प्रयोगात ईथरची वाफ सावकाश झाली. याचप्रमाणें हवेंन कोणताही चपल द्रव ठेविला, म्हणजे त्याचें बाष्पभवन सावकाश होतें. कारण, त्यास हवेचा अडथळा असतो. मागें सांगितलेंच कीं, हवेचा दाब जसजसा कमी करावा तसतसें बाष्पभवन उत्तेजित होतें. आतां मुळींच जेथें हवा किंवा दुसरा कोणताही वायु अडथळा करण्यास नाहीं अशा ठिकाणीं द्रवाचें काय होतें तें पाहू.

प्रयोग २.— या चार अ, व, क, ड भारमापक करण्याच्या नळ्या पान्यानें भरून या पान्याच्या दोणीत उपर्या केलेल्या आहेत, व मध्यें नळ्यातील पान्याची उची मोजण्याकरितां ही मानपट्टी आहे. यापैकीं ही अ नळी भारमापकाप्रमाणें उपयोग करण्यास ठेवून नाकी तीन व, क, ड नळ्यात पाणी, आल्कोहोल आणि ईथर या चपल प्रवाही पदार्थांचे धेंब या नळीनें सारितो. हे द्रव पान्याहून हलकें

असल्यानें पहा, त्याचे बुडबुडे कसे पाण्यातून वर चढत आहेत. थेंब पाण्याच्या स्तंभाच्या शिखरावर पोंचतात. पहा काय झालें. तिन्हीं-तील द्रवाचे थेंब अदृश्य झाले व तिन्हींत पारा खाली उतरला; परंतु तिहींत सारखा पारा उतरला नाही. (आ. २४९ पहा). पहिलीत अगदीं कमी, दुसरीत त्याहून जास्त, आणि तिसरीत फारच उतरला आहे.

या प्रयोगावरून कोणत्या गोष्टी निष्पन्न होतात तें पाहू. तिन्ही नळ्यांत पाण्याच्या स्तंभावर जी रिकामी जागा होती तीत कांहीं नसून ती जागा अगदीं निर्वात होती. नळ्यांतील पाण्याचे स्तंभ दोर्णीतील पाण्यावरील हवेच्या दाबामुळे होते. तो दाब आम्हीं कमी केला नाही. बरें, नळ्यांत द्रवाचे थेंब सारिले ते इतके सूक्ष्म होते कीं, त्यांच्या वजनानें पारा फार उतरणार नाही. दोर्णीतील पाण्यावरील हवेच्या दाबास न जुमानतां पाण्यास खाली लोटण्यास बऱ्याच जोराची शक्ति पाहिजे. बरें, द्रवाचे थेंब निर्वातस्थळीं पोंचतांच ते एकदम अदृश्य झाले. यावरून त्यांची तेथें तत्काळ वाफ झाली यांत संशय नाही. ते द्रव पाण्यांत विद्राव्य नव्हते, व त्यांस तेथें कशाचा अडथळ नव्हता. म्हणून त्यांची निर्वातस्थळीं पोंचताच वाफ झाली. मागील प्रयोगांत पाहिलें कीं द्रवाची वाफ झाली, ह्मणजे त्या वाफेच्या आंगां काहीं स्थितिस्थापक शक्ति असते. यास्तव पाण्यावर जी द्रवाची वाफ झाली त्या वाफेनें आपल्या जोरानें पाण्यास खाली ढकललें यांत काहीं संदेह नाही; परंतु पाण्यावर बनलेल्या वाफेनें पाण्यास सारखें लोटिलें नाही. पाण्याच्या वाफेनें सर्वांत कमी पाण्यास लोटिलें, व ईथरच्या वाफेनें सर्वांत अधिक लोटिलें. यावरून निरनि-

राळ्या द्रवाच्या वाफांच्या आंगीं भिन्नभिन्न स्थितिस्थापक शक्ति असते. पाण्याच्या वाफेनें पारा सारा अर्धा इंच उतरला आहे. परंतु ईथरच्या वाफेनें दहा बारा इंचाहून जास्त पारा उतरला आहे. या प्रयोगावरून दोन महत्वाच्या गोष्टी समजल्या त्या चांगल्या लक्ष्यात ठेवा.

(१). निर्वात स्थळीं चपल द्रवांची तत्काळ वाफ होते.

(२). समान उष्णतामानावर भिन्न भिन्न द्रवाच्या वाफांच्या आंगीं भिन्न भिन्न स्थितिस्थापकत्वाचा जोर असतो.

२२३. वाफ होण्याची व वाफेच्या स्थितिस्थापक जोराची मर्यादा.— वाफेची परमदाढ्याची स्थिति— वरील प्रयोगांत पाहिलें कीं, निर्वात स्थळीं चपल पदार्थांची तत्काळ वाफ होऊन तिच्या आंगीं काहीं स्थितिस्थापकत्व येतें. आतां अशी निर्वात स्थळीं वाफ अमर्याद होत जाते आणि त्या वाफेचा जोरही तसाच वाढत जातो किंवा या दोहोंस काहीं मर्यादा आहे तें पाहूं. याकरितां हा प्रयोग करितों तो लक्षपूर्वक पहा.

प्रयोग ३ — मागील प्रयोगांत आम्हीं थोडथोडे चपल पदार्थ पाण्यावर सारिले. आता पुष्कळ सारून काय होतें तें पाहूं. या पाहिल्या ब नळीत पाण्याचा थेंब सोडिला होता. हींत आणखी दोन थेंब सोडितों. पहा, त्या पाण्याची वाफ झाली व आणखी पारा उतरला! आणखी थोडेंस पाणी सोडितों. पहा आणखी किंचित पारा उतरला. परंतु आता सर्व पाण्याची वाफ न होता काहीं पाणी पाण्यावर राहिलें आहे पारा किती उतरला आहे तो नीट पहा. तो सुमारे $\frac{७}{८}$ इंच उतरला आहे. आणखी दोन थेंब वर सारितों. तरी जास्त

वाफ होत नाही व पाराही उतरत नाही. आता या ड ईथर घातलेल्या नळींत आणखी ईथरचे चार थेंब सारतो. पहा, त्याची वाफ होऊन जास्त पारा उतरला. आणखी ईथर घालतो. आता पारा उतरत नाही व ईथरची वाफ होत नाही. पहा, पारा सुमारे १७ इंचाहून जास्त उतरला आहे. या तिसऱ्या क नळींत एकदम पुष्कळ आल्कोहोल सारतो. थोडासा पारा उतरून स्थिर राहिला व पान्यावर आल्कोहोल जमला. पारा सुमारे १७ इंच उतरला आहे. या वेळीं उष्णतामान ६८° फा. आहे.

या प्रयोगावरून तुमच्या लक्षात आलेंच असेल कीं, निर्वातस्थळीं सुद्धा चपल पदार्थाची जी तत्काल वाफ होते त्यास मर्यादा आहे. कांहीं वाफ झाल्यावर पुढें वाफ होण्याचें बंद होतें व चपल पदार्थ द्रवस्थितींतच राहतो. पहिल्या प्रयोगांत पाहिलें कीं वाफेचें उष्णतामान वाढविलें, तर जास्त द्रवाची वाफ होते व कमी केल्यानें पुनः वाफ थिजून द्रव होतो. यास्तव विवक्षित उष्णतामानावर जी विवक्षित अवकाशात वाफ होते त्यास मर्यादा आहे. विवक्षित अवकाशात किंवा पोकळींत जितक्या वाफेचा समावेश होण्याजोगा असतो, तितकी वाफ जमेपर्यंत वाष्पभवन चालतें. आणि नवीन होणाऱ्या वाफेस जागा न मिळते, इतकी जेव्हां पोकळींत भरलेल्या वाफेची स्थिति होते तेव्हा वाष्पभवन बंद पडतें, व द्रव तसाच प्रवाही स्थितींत राहतो. ही जी वाफेची स्थिति तीसच त्या वाफेची परमदाढ्याची स्थिति असें म्हणतात. वाष्पभवन बंद झालें, म्हणजे आणखी पारा उतरण्याचें बंद होतें. यावरून वाफेच्या स्थितिस्थापक शक्तीसही मर्यादा आहे. वाफ परमदाढ्याच्या स्थितींत आल्यावर तिच्या स्थितिस्थापकतेचा परमावधीचा जोर होतो. म्हणून यापुढें तो जोर वाढू शकत नाही.

२२४. वाफेचें परमदाढ्य आणि अत्यंत स्थितिस्थापकत्व यांचा दाब व उष्णतामान यांशीं संबंध.— विवक्षित पोकळींत जितकी वाफ जमूं शकेल, तितकी जमल्यावर ती पोकळी वाफेनें अतिपूर्ण भरते. वाफ परमदाढ्याच्या स्थितींत येते आणि तिचा स्थितिस्थापक जोरही परमावधीस पोचतो. अशा स्थितींत त्या वाफेवर दाब वाढविला किंवा तिचें उष्णतामान वाढविलें, तर यापासून परमदाढ्यांच्या वाफेवर काय परिणाम होतात तें पाहूं.

पहिल्या प्रयोगात तुम्हीं पाहिलेंच कीं पाण्यावर वाफ असतां, नळी थंड पाण्यांत बुडवितांच वाफेचें स्थितिस्थापकत्व कमी झालें आणि कढत्या पाण्यांत बुडवितांच वाफेचा जोर वाढला व अधिक पारा खालीं गेला. त्या प्रयोगांत पाण्यावर द्रव नसून नुस्ती वाफच होती, म्हणून ती परमदाढ्यांच्या स्थितींत नव्हती. या नळ्यांत वाफ द्रवाच्या सन्निध आहे, म्हणून आणखी वाफ होण्यास कारण घडल्यास द्रव आहे. यास्तव ती परमदाढ्यांवर आहे व तिचा जोरही अत्यंत आहे. अशा वाफेचें उष्णतामान वाढविलें अगर कमी केलें किंवा तिजवरील दाब वाढविला किंवा कमी केला, तर वाफेवर काय परिणाम होतात तें पाहू.

प्रयोग ४.— ही भारमापकाची नुस्त्या पाण्यानें भरलेली नळी या पेऱ्यात घेतों. वद टोंक वाकविलेली ही दुसरी पाण्यानें भरून याच पेऱ्यात उपडी करितों. हें वाकडे टोंक पाहिजे त्या उष्णतामानाच्या पाण्यात घालता येईल. पाण्यावरील पोकळी अगदीं निर्वात आहे. आता नळीचें उष्णतामान ३२° फा. च्या खालीं असता त्या पोकळींत पाणी सोडिल्यास वाफ होते कीं काय पाहू. या बँठकीवर हें बर्फ व षीठ यांचें मिश्रण ठेवितों. याचें उष्णतामान २५° फा. आहे. यात

हे वाकडें टोंक बुडवितों. (आ. २५० पहा). आता नळींत पाण्याचे थेंब घालवितों. पहा पारा उतरला ! यावरून बर्फ वितुळण्याच्या उष्णतामानापेक्षा कमी उष्णतामानावर सुद्धां निर्वातस्थळीं वाफ होते. वरें, आतां मिश्रण काढितों. पहा, सर्व पाण्याची वाफ होऊन पाण्यावरील पाणी नाहीसें झालें व जास्त पारा उतरला. उष्णतामान वाढताच जास्त वाफ झाली नळींत आणखी थोडें पाणी सारतों. आणखी थोडा पारा उतरला. परंतु आतां पारा स्थीर झाला व पाणी द्रवरूपात पाण्यावर राहिलें. या नळींत मागोल प्रयोगात जितका पारा उतरला तितकाच उतरला आहे. विवक्षित उष्णतामानावर वाफेच्या आंगीं विवक्षितच जोर असतो. या पेल्यात हें गरम १२०° फा. उष्णतामानाचें पाणी घेऊन त्यात हें वाकडें टोंक बुडवितों. पहा, आणखी पाण्याची वाफ झाली व आणखी पारा उतरला, परंतु तो आता स्थीर झाला. आता १४०° फा. उष्णतामानाच्या ह्या पाण्यात नळी बुडवितों पहा, आणखी उतरून स्थीर झाला ! आतां या कढत्या पाण्यात नळी बुडवितों. पहा काय चमत्कार होऊ लागला. गेला पारा खालीं ! गेला अगदीं तळाशी ! नळींतील सर्व पारा उतरला ! यावरून २१२° फा उष्णतामानावर वाफेचा जोर हवेच्या दाबाइतका असतो म्हणून पूर्वी सांगितलें, त्याची प्रचीति तुम्हास आता पूर्ण आली असेल. पहा, जो पारा एकदां स्थीर झाला तो त्या खालीं गेला नाही.

प्रयोग ५ —आता ही छेद पाडलेली भारमापकाची नळी नुस्त्या पाण्याने भरलेली घेऊन या त्रिचोळ्या पाण्याने भरलेल्या उभ्या पंचपात्रांत बुडवितों. आतां यांत ईथर सारितों. वाफ होऊन पारा उतरला व ईथर द्रवरूप पाण्यावर राहिलें. आता पारा पहा, पूर्वीच्यापेक्षा सुमारे १७ इंच उतरला आहे. येथें हें काळें सूत बाधितों. आता नळी पंचपात्रातील पाण्यात सारिली, तर दान वाडून वाफ संकोचित होईल. नळी बुडवितो. पहा पारा सुतावर चढला; पण पृष्ठभागापासून पाण्याच्या स्तभाची उंची मूळच्या इतकीच आहे, न-

ळीत थोडेंसें जास्त ईथर द्रवरूपांत आलें आहे. म्हणजे काहीं वाफ थिजून द्रवरूप झाली, परंतु वाकी वाफेचा जोर पूर्वीच्या इतकाच आहे. बरें आता नळी वर काढितों आणखी वर काढून पूर्वीच्याहून जास्त वर काढतों. (आ. २५१ पहा). आता वाफेचा आकार वाढण्यास जास्त पोकळी झाली व सुताखाली पारा गेला. परंतु पहा, पान्याच्या स्तभाची उची मूळच्या इतकीच आहे द्रवरूप ईथर कमी झाले आहे यावरून जास्त वाफ झाली. परंतु वाफेचा जोर पूर्वीच्या इतकाच आहे. म्हणजे ईथरच्या वाफेने नळी वर काढण्यापूर्वी जेवढा स्तभ तोडून धरिला होता तेवढाच आतांही धरिला आहे.

या दोन प्रयोगांवरून दोन मोठे सिद्धांत निश्चयात्मक ठरले. ज्या द्रवापासून वाफ झाली आहे त्या द्रवाच्या सन्निध वाफ असते, तेव्हां ती वाफ परमदाढ्यांच्या स्थितींत असते व तिचा स्थितिस्थापकत्वाचा जोर अगदीं परमावधीचा असतो. उष्णतामान न बदलतां दाब वाढवून किंवा कमी करून वाफेस संकुचित किंवा प्रसृत केलें, तरी तिचें परमदाढ्य व परमावधीचा जोर बदलत नाहींत; आणि अवकाश वाढविला किंवा कमी केला, तरी तो पूर्ववत् अतिपूर्ण वाफेनें भरलेला राहतो. अवकाश किंवा पोकळी वाढविल्यास कांही जास्त द्रवाची वाफ होते, आणि कमी केल्यास कांहीं वाफ थिजून द्रवरूप होते. यास्तव विवक्षित उष्णतामानावर द्रवासन्निध असलेल्या वाफेचें दाढ्य व स्थितिस्थापकत्व कायमचीं असतात. आणि बार्डेल आणि ग्यारिघट यांच्या नियमाप्रमाणें त्यांत बदल होत नाहीं. म्हणजे अशा स्थितींत वाफेस तो नियम लागू पडत नाहीं. बरें, उष्णतामान वाढविल्यानें द्रवाची जास्त वाफ होऊन वाफेचा जोर वाढतो. परंतु तोही कांहीं मर्यादेपर्यंत वाढून त्या उष्णतामानास परमावधीचा होतो व त्यापुढें वाढत

नाहीं. प्रत्येक उष्णतामानास वाफेच्या आर्गो कांहीं विवक्षितच परमावधीचा जोर असतो. उष्णतामान वाढविल्याशिवाय मात्र परमदाढ्यांच्या वाफेचा जोर कधीं वाढत नाही. तसेंच हेंही पाहिलें कीं, ही परमदाढ्यांची स्थिति व स्थितिस्थापकता भिन्न भिन्न द्रवांच्या वाफेंत भिन्न भिन्न असतात. पाण्याच्या वाफे- हून आल्कोहोलाच्या वाफेंत जास्त जोर असतो व या दोहों- च्या कित्येकपट ईथरच्या वाफेचा जोर असतो. कांहीं उष्ण- तामानावरील या तिहीं द्रवांच्या परमदाढ्यांच्या वाफांचे जोर या कोष्टकात दिले आहेत. तुम्हीं पूर्वीच्या प्रयोगात (प्रयोग ३) पाहिलेंच कीं, ६८° फा. उष्णतामान असता, पाण्याच्या वाफे- च्या जोरानें जितका पारा उतरला, त्याच्या सुमारे २५ पट ईथरच्या वाफेनें उतरला. म्हणजे पाण्याच्या वाफेच्या २५ पट ईथरच्या वाफेचा जोर होता. या कोष्टकात भारमापकात वाफे- च्या जोरानें जितके इंच पारा उतरतो त्या इंचांत जोर दिला आहे.

| फा. उष्णता- मान. | पाण्याची वाफ | आल्कोहोलाची वाफ. | ईथरची वाफ. |
|---------------------|--------------|---------------------|------------|
| २५° | ० २८२ | ० ४०१ | ७ १७६ |
| ५०° | ० ३६१ | ० ५४८ | ११ २७८ |
| ६८° | ० ६८६ | १.७३२ | १७ ११७ |
| १४०° | ५ ८७४ | १३ ७७६ | ६८.१२१ |
| २१२° | ३० ००० | ६६ ३२० | १९३ ७२० |

२२५. हवेंतील पाण्याची वाफ आणि दृहिवर.-

आम्हीं पाहिलेंच कीं, वाफेचें परमदाढ्य व तिचा स्थितिस्थापक जोर उष्णतामानाच्या प्रमाणात असतात आणि प्रत्येक उष्णता-

मानास हा जोर नियमित असा परमावधीचा असतो. त्याच्याहून जास्त उष्णतामान वाढविले, तर द्रवाची जास्त वाफ होते व तिचा जोर वाढतो. परंतु उष्णतामान कमी केल्याने त्या उष्णतामानावर तितकी वाफ राहू शकत नाही व काही वाफेचा द्रव होतो. परमदाढ्याच्या बिंदूच्या खाली यांकिचित् उष्णतामान गेले म्हणजे लागलीच काही वाफ थिजून द्रवरूप होते. या भूगोलावरील विशाल जलसंचयांपासून सर्वदा वाफ निघून हवेत मिसळते. परंतु हे बाष्पभवन निर्वातस्थळी होत नसल्याने व वाफ सर्वत्र पाण्याच्या सन्निध नसल्याने ती परमदाढ्याच्या स्थितींत असत नाही. तत्राप दिवसास सूर्याच्या उष्णतेने पुष्कळ वाफ होऊन हवेत मिसळते. परंतु सूर्य भावळल्यावर सूर्याची उष्णता मुळीच नसते; आणखी दुसऱ्या कारणाने उष्णतामान उतरत गेले, तर त्या कमी उष्णतामानावर वाफ परमदाढ्याच्या स्थितींत येईल. नंतर त्यापुढे आणखी उष्णतामान कमी झाले, तर लागलीच काही थिजून द्रवरूप होईल, बाकीची त्या कमी उष्णतामानावरच्या परमदाढ्याच्या स्थितींत असेल. आणखी त्याहून उष्णतामान कमी झाले, तर आणखी काही वाफ थिजून पाणी होईल. अशा रीतीनेच उष्णतामान कमी होऊन रात्री दाहिवर किंवा दव पडते. दंव पडण्यास हवेतील वाफेचे उष्णतामान कमी होऊन त्या उष्णतामानावर परमदाढ्याच्या स्थितींत वाफ यावी लागते, यास्तव ज्या उष्णतामानावर ती परमदाढ्याच्या स्थितींत येते, त्या उष्णतामानास दंवाचा बिंदु किंवा दंव पडण्याचे उष्णतामान म्हणतात. कारण, त्याच्याहून यांकिचिन् उष्णतामान उतरतांच दाहिवर

पडते. बर्फाचा तुकडा पेण्यांत घालून गरम खोलीत नेताच त्याच्या वाहेरील बाजूवर पाण्याचे थेंब जमतात, याचें कारण हेंच असतें. बर्फाच्या शीततेनें पेण्याच्या सन्निधची हवा शीत होऊन तींतील वाफेचें परमदाढ्यांच्या उष्णतामानाखालीं उष्णतामान जातें, म्हणून वाफ थिजून पाणी होतें. दंवाचा बिंदु समजणें फार महत्वाचें आहे. कारण, जर आपणास हवेंतील वाफेच्या परमदाढ्यांचें उष्णतामान माहीत असेल, तर त्यावरून हवेंत आर्द्रता किती आहे व परमदाढ्यांवर येण्यास किती उष्णतामान कमी झालें पाहिजे हें समजेल. यास्तव निरनिराळ्या उष्णतामानावरील वाफेचें परमदाढ्य समजणें अवश्य आहे. तें मापावें कसें तें सागतों.

२२६. पाण्याच्या वाफेची स्थितिस्थापकता किंवा परमदाढ्यांची स्थिति मापणें.—डाल्टन या पंडितानें पाण्याच्या वाफेची स्थितिस्थापकशक्ति ३२° फा. उष्णतामानापासून २१२° फा. उष्णतामानापर्यंत या आकृतीत दाखविलेल्या यंत्रानें मापिली. (आ. २५२ पहा). या भारमापकाच्या दोन नळ्या अ, व पाण्यानें भरून पाण्यानें भरलेल्या या लोखंडी पात्रांत उपड्या ठेविलेल्या आहेत. या व नळींत थोडें पाणी सारलेलें आहे; व ही अ नळी तशीच या व नळींतील पाण्याची उंची मापण्यास ठेविलेली आहे. लोखंडी भांड्याखालीं शेंगडी आहे. दोन्ही नळ्या पाण्यानें भरलेल्या या पंचपात्रात बसविलेल्या आहेत, व त्यात हें उष्णतामापक उ लोंबत आहे. यावरून पाण्याचें उष्णतामान कळतें. ही इ बाजूस मानपट्टी आहे. पाणी आरभीं ३२° फा. उष्णतामानाचें ठेवून त्याचें हळूहळू उष्णतामान शेंगडीच्या उष्णतेनें वाढते. तें

करून या व नळींतील पाण्याची अधिकाधिक वाफ होऊन वाफेच्या जोरानें पारा अधिकाधिक खालीं जातो. दुसऱ्या नळींतील पाण्याच्या स्तंभाच्या नळीवरून पारा किती खालीं गेला हें मापतां येतें. याप्रमाणें उष्णतामापकाच्या प्रत्येक अशास किती किती पारा उतरतो हें टिपून घेतां येतें. याप्रमाणें डाल्टन याणें ३२° पासून २१ २° पर्यंत वाफेच्या स्थितिस्थापके-चा जोर काढिला. जर ९२° फा. उष्णतामान उष्णतामापकाचें असता व नळींत अ नळीपेक्षां दीड इंच पारा उतरला, तर ९२° फा. उष्णतामानावर वाफेचा स्थितिस्थापक जोर दीड इंच आहे. १४१° फा. उष्णतामान असता ६ इंच उतरला, तर त्या उष्णतामानावर वाफेचा जोर ६ इंच आहे असें म्हणतात. याप्रमाणें २१ २° उष्णतामानावर सर्व पारा खालीं गेला, अणजे जर ३० इंच पारा उतरला, तर त्या उष्णतामानावर वाफेचा जोर ३० इंच झाला. पुढें डग्लिंग आणि पेटिट या उभय-तांनीं २१ २° वरील उष्णतामानावरचाही वाफेचा जोर मापिला. नंतर रेगाल्ट याणें डाल्टन याच्या यंत्रांत काहीं फेरफार करून फार सूक्ष्मतेनें प्रयोग करून कोष्टकें तयार केलीं. २०° फा. उष्णतामानापासून २५०° फा. उष्णतामानापर्यंत काहीं ठळक उष्णतामानावरील वाफेचा जोर या कोष्टकात भारमापकाच्या इचात दिलेला आहे. या कोष्टकावरून असें लक्षात येईल कीं, उष्णतामान ज्या प्रमाणानें वाढतें त्याहून फार मोठ्या प्रमा-णानें वाफेचा जोर वाढतो. उच्च उष्णतामानावर फारच जोर वाढत जातो. १००° वरच्या जोराच्या ११ पट २००° वर होतो, आणि २५०° वर ३० पट जोर होतो.

पाण्याच्या वाफेच्या स्थितिस्थापक जोराचें कोष्टक.

| फारेनहीटचें उष्णतामान. | विषुववृत्तावर, स- मुद्रकाठीं पाण्या- च्या इंचात वाफे- चा जोर | फारेनहीटचें उष्णतामान. | विषुववृत्तावर, स- मुद्रकाठीं पाण्या- च्या इंचात वाफेचा जोर. |
|---------------------------|---|---------------------------|--|
| २० | ०'१०७६ | १४० | ५'०७४ |
| २५ | ०'१३०४ | १४५ | ६'६७४ |
| ३० | ०'१६६५ | १५० | ७'५६६ |
| ३२ | ०'१८१६ | १५५ | ८'५५६ |
| ३५ | ०'२०४५ | १६० | ९'६५४ |
| ४० | ०'२४८३ | १६५ | १०'८६८ |
| ४५ | ०'३००३ | १७० | १२'२०९ |
| ५० | ०'३६१२ | १७५ | १३'६८६ |
| ५५ | ०'४३४४ | १८० | १५'३१० |
| ६० | ०'५१२५ | १८५ | १७'०९३ |
| ६५ | ०'६१९१ | १९० | १९'०४६ |
| ७० | ०'७३५२ | १९५ | २१'१८२ |
| ७५ | ०'८७०१ | २०० | २३'५१५ |
| ८० | १'०२६२ | २०५ | २६'०५८ |
| ८५ | १'२०६४ | २१० | २८'८२६ |
| ९० | १'४१३७ | २१२ | ३०'००० |
| ९५ | १'६५१४ | २१५ | ३१'८३० |
| १०० | १'९२३० | २२० | ३५'०९० |
| १०५ | २'२३३० | २२५ | ३८'६३० |
| ११० | २'५८५० | २३० | ४२'४५० |
| ११५ | २'९८४० | २३५ | ४६'५७० |
| १२० | ३'४३५० | २४० | ५१'०२० |
| १२५ | ३'९४४० | २४५ | ५५'८२० |
| १३० | ४'५१५० | २५० | ६०'९७० |
| १३५ | ५'१५६० | | |

२२७. सवातस्थळीं किंवा निर्वातस्थळीं सारख्या पॅ-
रिमाणाची वाफ होते व रहाते.—वर सांगितलें कीं, निर्वा-
तस्थळीं विवक्षित अवकाशांत विवक्षित उष्णतामानावर कांहीं
नियमित वाफ राहूं शकते. त्या अवकाशांत हवा किंवा दुसरा
कोणताही वायु असला, तरी तितकीच वाफ राहते. मात्र नि-
र्वातस्थळीं द्रवाची वाफ तत्काळ होते, आणि सवातस्थळीं
तेथच्या वायूच्या अडथळ्यामुळें वाफ सावकाश होत जाते.
कोरड्या हवेनें भरलेल्या कुपींत थोडेंसें पाणी घातलें आणि
कुपी गच्च बंद केली, तर तेथेंही पाण्याची वाफ सावकाश होत
जाते; आणि वरच्या पोकळींत वाफ जमते. याप्रमाणें जेव्हां
त्या अवकाशांत जमलेली वाफ परमदाढ्यांच्या स्थितींत येते
तेव्हां आणखी वाफ होण्याचें बंद होतें. परंतु हा अवकाश
वाफेनें अति पूर्ण करण्यास जितक्या पाण्याची वाफ झाली, ति-
तक्याच पाण्याची वाफ तोच अवकाश निर्वात असता तरी झाली
असती. तसेंच निर्वातस्थळीं परमदाढ्यांच्या स्थितींत आले-
ल्या वाफेचा जेवढा जोर असतो तेवढाच सवातस्थळीं परमदा-
ढ्यांच्या स्थितींत आलेल्या वाफेचा जोर असतो, व दोहोंच्या
जोरानें सारख्या उचीचा पारा उतरतो. मात्र एवढें लक्षांत
ठेविलें पाहिजे कीं, सवातस्थळीं तेथचा वायु व परमदाढ्यांची
वाफ या दोहोंच्या दावानें पारा उतरतो व निर्वातस्थळीं फक्त
वाफेच्या जोरानेंच पारा उतरतो. उष्णतामान वाढविल्यानें जा-
स्त वाफ होईल व वाफेचा जोर जास्त होईल. परंतु विवक्षित
अवकाश निर्वात असो किंवा सवात असो, त्यात विवक्षित व-
जनाचीच वाफ जमते.

वाफ परमदाढ्यांच्या स्थितींत नसली आणि ती ज्या द्रवा-

पासून निघते त्या द्रवापासून वेगळी असली, झणजे साधारण वा-
यूंच्या धर्मासारखे तिचे धर्म असतात. झणजे तिचें आकारमान
दाबाच्या उलट प्रमाणांत असतें आणि स्थितिस्थापकत्व व
दाढर्य समप्रमाणांत असतात. दाब कमी करून तिचा आकार
हवा तितका वाढवितां येतो. दाब वाढवून तिचा आकार कमी
करितां येतो. परंतु दाब वाढविल्यानें तिचें दाढर्य व स्थिति-
स्थापकत्व वाढत जातें. आणि ती परमदाढर्याच्या स्थितींत येते.
या पलीकडे आणखी दाब वाढविला, तर आणखी आकार क-
मी न होतां, काहीं वाफ थिडून द्रवरूप होते, व बाकी वाफ
परमदाढर्याच्या स्थितींत राहते. तसेंच अशा वाफेचें उष्णता-
मान वाढविलें, तर प्रसृत होऊन तिचा आकार त्या मानानें
वाढत जातो. परंतु उष्णतामान कमी केलें म्हणजे आकुचित
होते. आणि याप्रमाणें आकुचित होत होत ती परमदाढर्या-
च्या स्थितीस येऊन पोचते, आणि त्या पलीकडे उष्णतामान
उतरतांच कांही वाफेस द्रवत्व येतें आणि बाकी वाफ त्या नीच
उष्णतामानावर परमदाढर्याच्या स्थितींत राहते. हाच प्रकार
सृष्टींत घडून दाहिवर पडतें हें वर सांगितलें. याप्रमाणें दाब
वाढवून व उष्णतामान कमी करून वाफांचे द्रव करितां येतात.

२२८. हवेतील आर्द्रता आणि दंबाचा बिंदु.— हवे-
मध्ये नेहेमी जास्त कमी आर्द्रता असते. हिवाळ्यांत हवेत
आर्द्रता म्हणजे पाण्याची वाफ कमी असते तेव्हां हवेस रुक्ष झ-
णतों व तेव्हांच आगें वगैरे फुटतात. उन्हाळ्यात पुष्कळ वाफ
हवेत मिसळत असते व यामुळे हवेत आर्द्रता पुष्कळ असते.
परंतु सृष्टिशस्त्रांत हवेस आर्द्र किंवा अनार्द्र केवळ तिजमधील
वाफेच्या परिमाणावरून म्हणत नाहींत. तर ज्या मानानें ति-

जमधील वाफेचें परमदाढ्यांच्या बिंदूपासून कमजास्त अंतर असेल, त्याप्रमाणें हवेस आर्द्र किंवा अनार्द्र म्हणतात. जेव्हां हवा फार थड असते, तेव्हां अगदीं थोडी वाफ हवेंत असली तरी तीस आर्द्रत्व येईल आणि हवा उष्ण असली, झणजे पुष्कळ वाफ असतांही ती अनार्द्र असेल. शीतकाळापेक्षां उष्णकाळां हवेंत जास्त आर्द्रता असते. परंतु उच उष्णतामानामुळे तिचें परमदाढ्यांच्या बिंदूपासून फार अंतर असतें. म्हणून ती हिवाळ्यांतल्या हवेपेक्षां कमी आर्द्र असते. यामुळे उष्णकाळां हवेंत पुष्कळ आर्द्रतेचें परिमाण असतांही हिवाळ्यांतल्या सारखें दाहिवर पडत नाहीं.

हवेंतील पाण्याच्या वाफेचें प्रमाण निरनिराळ्या ऋतूत, निरनिराळ्या हवेंत, निरनिराळ्या उष्णतामानावर निरनिराळें असतें. हवेंत बेताची आर्द्रता असली, झणजे तसल्या हवेपासून प्राण्यांस सुख होतें. उत्तरेकडून व पूर्वेकडून ढासा वारा सुटला, झणजे हवा फार रुक्ष असते आणि आगाची कातडी रुक्ष होऊन तडतडू लागते, आंग फुटतें व चैन पडत नाहींसें होतें. बरें, भर उन्हाळ्यांत जेव्हां हवेंत आर्द्रता मुबलक असते, तेव्हा आगांतून घाम सुटतो, तो लवकर वाळत नाहीं व सर्व आंग चिकचिकीत होऊन उल्हासवृत्ति नसते व सर्व शिथिलता वाटते. परंतु या दोहोंच्या मध्यप्रमाणानें जेव्हा हवेंत आर्द्रता असते तेव्हां ती हवा फार सुखावह भासते. यास्तव ज्या स्थळां हवेच्या उष्णतामानांत अत्यंत फेरफार होतात त्या स्थळां काहीं कृत्रिम योजनांनीं बेताची आर्द्रता राहत्या घरांत ठेवावी लागते. याकरितां कोणत्याही वेळां हवेंत आर्द्रता किती आहे, व तिचें परमदाढ्यांच्या स्थितीपासून अंतर किती, हें स-

मजावें लागतें. यास्तव आर्द्रतामापक यंत्रें असतात व त्यांवरून हवेच्या आर्द्रतेचें मान व दवाचें उष्णतामान समजतात. ज्या उष्णतामानावर हवेंत असलेली वाफ परमदाढ्याच्या स्थितीस पोचते तें दवाचें उष्णतामान होय. पूर्वीच्या कोष्टकावरून हवेच्या उष्णतामानावरील व दवाच्या उष्णतामानावरील वाफेचें परमदाढ्य किंवा वाफेचा परमावधीचा जोर समजतो; व यावरून हवेंतील वाफ परमदाढ्याच्या बिंदूखालीं किती आहे तें समजतें. उदाहरणार्थ समजा कीं, आर्द्रतामापकावरून दवाचें उष्णतामान ५०° फा. समजलें व त्या वेळीं हवेचें उष्णतामान ६०° फा. आहे. या दोहों उष्णतामानावरील वाफेचे जोर अनुक्रमे ३६१९ आणि ५१९५ इंच आहेत. म्हणजे हल्लीं जी हवेंत वाफ आहे तिचा जोर सारा ३१६९ आहे. परंतु ६०° फा. उष्णतामानावर जर ती परमदाढ्यावर आली, तर तिचा जोर ५१९५ होईल. म्हणून परमदाढ्याच्या सबधानें हवेची स्थिति $\frac{३१६९}{५१९५}$ या अपूर्णाकामें दर्शवितात. कारण, यावरून ती परमदाढ्याच्या बिंदूखालीं किती आहे तें समजतें. जेव्हां हें अतर फार थोडें असतें तेव्हां हवां फार आर्द्र असते आणि अतर जास्त असतें तेव्हां ती अनार्द्र असते.

२२९. आर्द्रतामापक आणि दवाचा बिंदु काढणे.— आर्द्रताशोषक असा क्याल्सिअमचा क्लोराइड, कास्टिक पोटाशाश वगैरे कोणता तरी विवक्षित वजनाचा पदार्थ घेऊन, त्यावरून विवक्षित आकारमानाची हवा जाऊ दिली, म्हणजे त्याचें जेवढें वजन वाढेल तेवढ्या वजनाची वाफ त्या आकारमानाच्या हवेंत आहे असें समजतें. परंतु अशा रीतीनें हवेंतील आर्द्रता मापणें त्रासदायक आहे. याहून सुलभ रीतीनें आर्द्रता मापण्याची

अनेक यत्र असतात. त्यांपैकीं अगदीं साधे हें येथें आहे व असलें तुम्हास पाहिजे तेव्हां करितांही येईल. यास इग्रजींत **वेट आंड ड्रायबल्बहायग्रामेटर** म्हणजे ओल्या व कोरड्या बोंडाचें आर्द्रतामापक म्हणतात. या लांकडी चौकटीवर हीं दोन साधीं उष्णतामापके बसविलेलीं आहेत, व एकाचें बोंड या मलमलीच्या कपड्यानें मढविलेलें आहे. जेव्हा आर्द्रता मापावयाची असेल, तेव्हां मलमलीचा कपडा ओला करून तो ओला राहण्याकरितां बैठकीच्या मधल्या खांबांतील नळींतलें पाणी या दोन्यानें त्यावर ठिबकत सोडितात. (आ० २५३ पहा). जर हवेंतील वाफ परमदाढ्यांच्या स्थितींत असेल, तर बाष्पभवन मुळींच होणार नाहीं. परंतु तसें नसेल तर मलमलीच्या कपड्यांतील पाण्याची वाफ होईल व तेणेंकरून त्याखालील उष्णतामापकाचें उष्णतामान उतरेल. याप्रमाणें कांहीं पारा उतरल्यावर स्थीर होईल. स्थीर झाल्यावर उतरलेलें उष्णतामान व त्यावेळचे हवेचें उष्णतामान (दुसऱ्या उष्णतामापकावरून) टिपून घेतात. जेव्हां हवेंतील वाफ परमदाढ्यांच्या बिंदूखालीं फार असते, तेव्हा हें अतर फार असतें. या अतरास आर्द्रतागुणकानें गुगून तो गुणाकार हवेच्या उष्णतामानांतून वजा केला म्हणजे दवाचा बिंदु किंवा हवेंतल्या वाफेचें परमदाढ्याचें उष्णतामान समजतें

हे गुणक ग्लाशिअर याणें निरनिराळ्या उष्णतामानांचें शोधून काढिले आहेत, ह्मणून यांस ग्लाशिअरचे आर्द्रतागुणक म्हणतात. ते पहा या कोष्टकांत दिले आहेत.

ग्लाशिअरच्या आर्द्रतागुणकांचें कोष्टक.

| हवेचें फारेनहीटच्या अंशात उष्णतामान. | गुणक. | हवेचे फारेनहीटच्या अंशात उष्णतामान. | गुणक. |
|--------------------------------------|-------|-------------------------------------|-------|
| २४° खालीं | ८५ | ३४—३५ | २६ |
| २४—२५ | ७३ | ३५—४० | २५ |
| २५—२६ | ६४ | ४०—४५ | २३ |
| २६—२७ | ६१ | ४५—५० | २१ |
| २७—२८ | ५९ | ५०—५५ | २० |
| २८—२९ | ५७ | ५५—६० | १८ |
| २९—३० | ५० | ६०—६५ | १८ |
| ३०—३१ | ४६ | ६५—७० | १७ |
| ३१—३२ | ३६ | ७०—७५ | १५ |
| ३२—३३ | ३१ | ७५—८० | १३ |
| ३३—३४ | २८ | ८०—८५ | १० |

या कोष्टकाच्या आधारेनें ओल्या बॉडाच्या उष्णतामापकाचें उष्णतामान व हवेचें उष्णतामान समजल्यावर दवाच्या बिंदूचें उष्णतामान काढतां येतें. उदाहरणार्थ जर ओल्या बॉडाच्या उष्णतामापकाचें उष्णतामान ४९° फा. असेल, आणि कोरड्या बॉडाच्या उष्णतामापकाचें उष्णतामान ५४° असेल, तर दोहों-मधील अंतर ५ झालें. ५४° उष्णतामानाचा आर्द्रतागुणक २ आहे. यानें ५ यास गुणून गुणाकार १० आला. तो ५४ मधून वजा केला म्हणजे बाकी ४४ राहिले. तेव्हां ४४° दवाचा बिंदु झाला.

२३०. डेनियलचे आर्द्रतामापक.— हें एक दुसरें डे-नियल साहेबाचें आर्द्रतामापक आहे. ही एक दोहोंबाजूस का-टकोनाकार वांकविलेली नळी असून दोहों टोंकांस हे दोन अ,

ब फुगे आहेत. हा अ फुगा तीन हिस्से ईथरच्या द्रवानें भरला आहे व त्यांत हें उष्णतामापक बुडवून बसविलेले आहे. दुसरा फुगा व बाक्रीचा नळीचा भाग यांत काहीं नसून ईथरची वाफ मात्र आहे. या फुग्यांतील ईथर कढवून सर्व नळी व हा फुगा ब ईथरच्या वाफेनें भरल्यावर हा ब फुगा बंद केलेला आहे. झगून ईथरच्या वाफेशिवाय त्यांत दुसरें काहीं नाहीं या ब फुग्यावर ही मलमलीच्या कपड्याची पिशवी बांधलेली आहे; व बैठकीच्या या मधल्या खांबावर हवेचें उष्णतामान पाहण्याकरितां हें उष्णतामापक आहे. दवाचा त्रिंदु काढणें असले तेव्हा या मलमलीच्या कपड्यावर (आ० २५४ पहा) ईथर या कुपींतून थेंब थेंब ओतितों. ईथरची वाफ होऊन उडून जाते व तेणेंकरून फुगा थंड होतो व त्यांतील वाफ थिजते. याप्रमाणें वाफ थिजल्यावर या अ फुग्यांतील ईथरची आणखी वाफ होते. ती या ब फुग्यांत थिजते यामुळे या अ फुग्यांतील ईथरची वाफ होत आहे तसें त्याचें उष्णतामान उतरत चाललें आहे. असें या अ फुग्याचें उष्णतामान उतरत जाऊन त्यास लागून असलेली हवेतील वाफ परमदाढ्यांच्या स्थितींत येते; आणि त्याहून उष्णतामान उतरल्यावर वाफ थिजून फुग्यांतील ईथरच्या पृष्ठभागासभोंवती दंवाचें कंकण बनतें. हें पहा आतां कंकण बनलें. यावेळीं ईथरमध्ये बुडविलेल्या या उष्णतामापकाचें उष्णतामान पाहून टिपून घेतों तें ५०° फा. आहे. आता या ब फुग्यावर ईथर ओतण्याचें बंद करितों. पहा, या अ फुग्याचें उष्णतामान चढत चाललें. इतक्यांत दंवाचें कंकण अदृश्य होत चाललें. आतां अगदीं नाहींसें झालें. यावेळींही किती उष्णतामान आहे तें टिपून घेतों. तें ६०° फा. आहे. या

दोहोंचें मध्यप्रमाण ५५° दवाचा बिंदु झाला. दवाचें ककण स्पष्ट दिसण्याकरितां हा अ फुगा काळ्या कांचेचा केलेला आहे. याप्रमाणें दंव पडण्याचें उष्णतामान समजले, म्हणजे हवेंत असलेली वाफ त्या उष्णतामानावर परमदाढ्यांच्या स्थितींत असते हे समजतें. आणि पूर्वीच्या कोष्टकांवरून या उष्णतामानावर परमदाढ्यांच्या स्थितींत असणाऱ्या वाफेचा जोर समजतो. येणें-करून त्यावेळीं हवेंत असलेल्या वाफेची स्थिति समजते.

प्रकरण २१.

उष्णतेचें वहन आणि प्रापण.

२३१ आपण जर थंडीच्या दिवसांत सकाळीं एखाद्या खोलींत गेलों, आणि लोखंडी कडीस, लांकडास आणि लोंकरी कपड्यास हात लाविला, तर आपणास लोखंड अतिशय गरम लागतें, लाकूड त्याहून कमी आणि लोंकर फारच कमी गरम लागते. याचा तुम्हास पुष्कळ वेळां मोठा चमत्कार वाटला असेल. एकाच उष्णतामानाच्या जागीं तिन्ही पदार्थ असतां तिघापासून निरनिराळ्या उष्णतामानांचें ज्ञान व्हावें, हें नेहमी मोठें गूढ वाटतें. तसेंच जर उन्हाळ्यांत सध्याकाळीं एखाद्या खोलींत आपण गेलों, तर वरच्या उलट गोष्टी अनुभवास येतात; म्हणजे लोखंड फार गरम लागतें, लाकूड त्याहून कमी, आणि कपडा त्याहून कमी. याचें कारण काय असावें हा विचार तुमच्या मनात पुष्कळ वेळां आला असेल. तसेंच लोंकरी कपड्यानीं थंडी कां वाजूं नये आणि सुती कपड्यांनींच का

वाजावी, गरम केलेली लोखंडी पळी हातांत धरवत नाही; परंतु लांकडी मूठ असलेली लाल भडक लोखंडी कांब मुठीने हातांत धरतां येते. इत्यादि शका तुमच्या मनांत वारवार येत-असतील. तर भाज जो विषय मी तुम्हांस शिकविणार तो तुम्हीं समजला, म्हणजे वरील शंकांचें सहजरीत्या निवारण होणार आहे.

२३२. वहन.— ह्या तारेच्या तुकड्याचें टोंक या दिव्यांत धरिलें तर थोड्याशा वेळानें हातांतलें दुसरें टोंक गरम लागतें. या पितळेच्या नळीचें एक शेवट या शेगडींतल्या निखाऱ्यांत घातलें, तर कांहीं वेळानें दुसरें शेवट ऊन लागू लागतें. लोखंडी पळीचें टिवळें विस्तवांत फोडणी देण्याकरितां तापत घातलें कीं, दाडाही ऊन लागू लागतो. परंतु ह्या कांचेच्या नळीचें टोंक दिव्यांत धरिलें, तर दुसरें टोंक गरम होत नाही. लांकूड एका टोंकानें जळत असलें, तरी दुसऱ्या टोंकानें त्यास हातांत धरवतें व तें हातास ऊन लागत नाही. यावरून हें अनुमान सहज निघतें की, तारेच्या, पितळेच्या नळीच्या, किंवा पळीच्या एकीकडच्या शेवटास जी उष्णता मिळाली, ती तेथून दुसऱ्या शेवटाकडे गेली; ती केवळ एका कणापासून दुसऱ्या कणास, दुसऱ्यापासून तिसऱ्यास, तिसऱ्यापासून चवथ्यास याप्रमाणें जात जात दुसऱ्या शेवटास जाऊन पोंचली तशी कांच व लांकूड यांत एका कणापासून दुसऱ्या कणास याप्रमाणें उष्णता गेली नाही. परंतु धातूच्या पदार्थातून ती गेली एका कणापासून दुसऱ्या कणास, दुसऱ्यापासून तिसऱ्या कणास याप्रमाणें कणातून जी उष्णता वहात जाते त्यास उष्णतेचें वहन असें म्हणतात. आणि ज्या पदार्थातून उष्णता याप्रमाणें वहाते त्या पदार्थास उष्णतावाहक असें म्हणतात.

२३३. शीघ्रवाहक आणि मंदवाहक.— कांच, लाकूड वगैरे कित्येक पदार्थांतून उष्णता मुळीच वहात नाही, किंवा वहात असली तर त्यांतून फारच थोडी वहाते. यास्तव अशा पदार्थांस अवाहक म्हणावे. परंतु अशांत त्यांत मुळीच उष्णता शिरत नाही असा अर्थ निष्पन्न होऊन गोंधळ होईल. कारण, जरी अशा पदार्थांच्या कणांतून उष्णता वहात फार अंतरावर जात नाही, तरी या पदार्थांचे जे कण उष्णतेच्या सन्निध असतात त्यांत उष्णता शिरून ते उष्ण होतात. फक्त त्यांत एका कणापासून दुसऱ्यास, दुसऱ्यापासून तिसऱ्यास याप्रमाणे उष्णता जलदी वहात नाही. याकरितां या दोनही प्रकारच्या पदार्थांस वाहकच म्हणतात. परंतु ज्यांच्या कणांतून उष्णता वहात अंतरावर जाते, त्यांस शीघ्रवाहक आणि ज्यांच्या कणांतून अशी न वहातां जे कण उष्णतेच्या सन्निध असतील त्यातच जमून रहाते त्यांस मंदवाहक असें म्हणतात. लोखंड व पितळ हे शीघ्रवाहक होत, आणि कांच व लांकूड हे मंदवाहक होत. सर्व प्रकारच्या धातु शीघ्रवाहक आहेत. कांच, लांकूड, लोकर, पाणी आणि वायु हे मंदवाहक आहेत. सर्व धातूत उष्णता सारख्या प्रमाणाने वहात नाही. रूपे, तांबे वगैरे कित्येक धातूंमध्ये लोखंड, शिसे वगैरे काहीं धातूपेक्षां फार त्वरेने वहाते. आतां शीघ्रवाहकपणा, मंदवाहकपणा आणि शीघ्रवाहकांची भिन्न भिन्न वाहकशक्ति दाखविण्याकरिता काहीं प्रयोग दाखवून नंतर या वाहकशक्तीच्या ज्ञानाचा व्यवहारांत काय उपयोग आहे ते सांगतो.

प्रयोग १.— धातु, कांच व लाकूड यांचे हे तीन दाडे आहेत. या तिहीवर मेण सारविले आहे या तिहींचीं टोंके विस्तवात घालून

तिन्ही दाडे शेगडींत उभे धरितों त्यापैकी ज्याच्या कणातून उष्णता वाहील त्यावरील मेण वितळेल. पहा, धातूच्या दाड्यावरील मेण वितळू लागलें. इतक्यात निम्या दाड्यावरील वितळलें. परतु काच व लाकूड याच्या टोंकांचें मात्र वितळलें विस्तवात जी टोंकें आहेत त्यापासून दोन चार बोटे उचीवरचे सुद्धा मेण विरघळलें नाही. लाकूड जळू लागलें तरी त्यावरील मेण विरघळत नाही. पहा, धातूच्या दाड्यावरील सर्व मेण विरघळून गेलें यावरून धातूच्या कणातून उष्णता वहात वरच्या टोंकाकडे गेली यात संशय नाही काच व लाकूड यांवरील मेण अत्राप विरघळलें नाही, व विरघळत नाही; यावरून त्याच्या कणात उष्णता वहात नाही हे उघड आहे.

प्रयोग २.— पाणी मंदवाहक आहे. या नळीत हें गार पाणी ओतितों आता यावर हळू या गळणीने हे लाल कढत पाणी ओतितों. पहा, या कढत पाण्याने खालचे पाणी विलकूल गरम झालें नाही. अशी ही नळी काहीं वेळ ठेविली तरी वरचे पाणी मात्र थंड होईल.

प्रयोग ३ — या पंचपात्रात हें थंड पाणी ओतितों. यावर हा ईथर हळू ओतितों. ईथर पाण्याहून हलका आहे म्हणून हळू ओतल्याने पाण्याच्या पृष्ठभागाचे आहे. आता यास या काडीने पे-टवितों पहा, तो जळू लागला आणि मजेचा जाळ पाण्यावर झाला आहे. एवढा जाळ वरतीं होत आहे, तरी खालचे पाणी आहे तसेच गार आहे कारण, पाणी मंदवाहक असल्यामुळे पृष्ठभागाची उष्णता त्याच्या कणातून वहात खाली जात नाही.

प्रयोग ४ — या नळीत हे पाणी घेऊन नळीच्या तोंडाजवळचे पाणी या दिव्यावर उष्ण करितों. पहा, तोंडाजवळचे पाणी कडू लागलें. तरी हातात जें नळीचे बूड आहे तेथे उष्णतेचा काहीं वास नाही. याप्रमाणें भाड्याच्या बुडाशीं गार पाणी राहून वरचे कढत पाणी राहिल. इतकेच नाही, तर बर्फाचा खडा बुडाशीं ठेवून त्यावर थोडेंसे पाणी ओतिलें आणि मध्याच्या वर तापविलें, तर वरचे

पाणी तापलें तरी बुडावरचा वर्फाचा खडा विरवळणार नाही. (आ-
कृति २५५ पहा)

प्रयोग ५.— ही लोखंडी काव गरम आहे ही या कागदाच्या तुकड्याने उचलता येते, व हात भाजत नाही. या लोखंडी कपड्याने ही उचलली तरी हात भाजत नाही. कारण, दोन्ही मंदवाहक आहेत. परंतु या कथलाच्या पातळ पत्र्याने उचलूं लागलों, तर पहा, पत्रा जळून गेला व कांव उचलतां आली नाही. कारण पत्रा फार शिघ्रवाहक होता.

प्रयोग ६.— सर्व प्रकारच्या मृत्तिका (ज्यास रसायनवेत्ते सि-
लिकेट म्हणतात.) मंदवाहक आहेत, हे तर तुमच्या अनुभवास आलेंच असेल. मातीच्या भांड्यात कढत चहा ओतला, तर तें भांडे हातात धरवतें. कारण, माती मंदवाहक असल्याने चहातील उष्णता लवकर ती शोषित नाही; परंतु चहा धातूच्या भांड्यात घातला, म्हणजे भांडे शिघ्रवाहक असल्यामुळे लागलेंच तापतें व हातात धरवत नाहीं. एक फार विलक्षण मंदवाहक खनिज पदार्थ दाखवितो. हा कापसासारखा **आस्बेस्टोस** नांवाचा पदार्थ आहे ही एक मृत्तिकेचीच जाति आहे. हा दिव्यात धरिला तर पहा लाल मात्र होतो; परंतु मुळीच जळत नाहीं. आता हा पदार्थ मी आपल्या हातावर घेऊन त्यावर हे निखारे ठेवितों. माझ्या हातास निखाऱ्याची उष्णता मुळीच लागत नाहीं. आता हा लाल भडक केलेल्या लोखंडी कांबीचा तुकडा घेतों. यापासूनही माझा हात भाजत नाहीं. आता तुमच्या हातावर आस्बेस्टोस ठेवून निखारे देतों. पाहिलें! त्यातून उष्णता हातास पोचत नाहीं. असो, या पदार्थाचे पायमोचे पायात घालून निखाऱ्यांवरून चालणें अगदीं शक्य आहे. परंतु हा पदार्थ लालभडक झाल्यावर हात भाजतो.

प्रयोग ७.— निरनिराळ्या धातूची उष्णतावाहक शक्ति निरनिराळी असते हें दाखविण्याकरिता काहीं प्रयोग दाखवितों. ही एक तांब्याची व ही एक लोखंडाची अशा दोन कांबी सारख्या जाडीच्या

च लावीच्या आहेत. यांस मेणानें सारख्या अंतरावर एा लाकडाच्या गोठ्या चिकटविलेल्या आहेत याची टोंके एकाजवळ एक अशीं आणून त्यास या रिटाटीच्या बैठकीस बाधून दोहोंच्या सगमाखालीं हा दिवा ठेवितों (आकृति २५६ पहा) दोहोंस दिव्याची सारखी उष्णता पोंचत आहे. दोनही शीघ्रवाहक आहेत, म्हणून त्याच्या एकीकडच्या टोंकास जी उष्णता मिळत आहे ती दुसऱ्या टोंकाकडे वहात जाईल व तेंगेंकरून मेण वितळेल, व गोठ्या खालीं पडतील आता कोणत्या कावीवरच्या गोठ्या अगोदर पडतात तें पाहू ही पहा, ताब्याच्या कावीवरची एक गोठी पडली. दुसरीही पडली अद्याप लोखडावरची एकही पडली नाही. आता एक पडली. ही तिसरी ताब्याच्या कावीवरची पडली. यावरून ताबे लोखडाहून अधिक शीघ्रवाहक आहे यात तशय नाही

प्रयोग ८.— लोखंड, ताबे, पितळ, लाकूड आणि काच यांच्या या सारख्या जाडीच्या पाच कावी आहेत, यांवर मेण सारविलें आहे (आ २५७ पहा) ही एक पेटी आहे व हिच्या या बाजूस हीं भोंके आहेत. त्यांत या कावी बुचामधून वसवितों. याची टोंके दोन दोन गहूं पेटीच्या आत गेलीं आहेत. आतां पेटींत हें कढतें पाणी भरतों कावीचीं टोंके पाण्यानें उष्ण होत आहेत शीघ्रवाहकातून उष्णता वाहत जाईल पहा, ताब्यावरचें मेण फार लवकर वितळत आहे त्याच्या खालोखाल पितळेवरचें वितळत आहे. व त्याच्या खालोखाल लोखंडावरचें वितळत आहे. परंतु लाकूड व काच यावरील मेण मुळींच वितळलें नाही. यावरून लोखंडाहून पितळ चांगला वाहक आहे, व पितळेहून ताबें चांगला वाहक आहे. आणि लाकूड व काच अगदीं मदवाहक आहेत. निरनिराळ्या धातूची वाहकशक्ति काढण्याकरिता इंजेनहोस आणि डेस्प्रेट्झ याणी अनेक प्रयोग करून मुख्य धातूंच्या वाहकशक्ति काढिल्या आहेत, त्या सागतों.

| पदार्थाचे नांव. | उष्णतावाहक शक्ति. | विद्युद्वाहक शक्ति. |
|--------------------|-------------------|---------------------|
| रुपें. ... | १०० ... | ... १०० |
| तावें. .. | ... ७४ | ७३ |
| सोनें . . | ... ५३ | ५९ |
| पितळ ... | .. २४ | २२ |
| कधील ... | ... १५ | २३ |
| लोखंड .. | ... १२ | १३ |
| शिसें .. | .. ९ | ११ |
| झाटिनम ... | .. ८ | १० |
| जर्मन सिल्व्हर. .. | ६ | ... ६ |
| विस्मथ. . | ... २ | २ |

२३४. व्यवहारांन उपयोग.— या वाहकशक्तींच्या ज्ञानानें आमच्या रोजच्या पहाण्यांतल्या शेंकडों गोष्टींचीं कारणें सांगतां येतील. आरंभीं सांगितलें कीं, हिंवाळ्यांत सकाळीं एकाद्या खोलींत आपण गेलों आणि त्यांतील धातु, भित, लांकूड, कपडे यांस हात लाविला, तर त्यांचीं भिन्न भिन्न उष्णतामानें आहेत असा भास होतो. लोखंडास हात लाविला, तर तें फारच गार लागतें. कारण, लोखंड शीघ्रवाहक असल्यामुळें त्यांत हातांतील उष्णता त्वरित जाते; व येणेंकरून हातातील उष्णता कमी होऊन हातास थडीचा भास होतो. याहून भित कमी थंड लागते; कारण ती लोखंडाहून कमी शीघ्रवाहक आहे. याहून लांकूड कमी थंड व लोंकरीचा कपडा फारच कमी थंड लागतो. कारण तो अति मदवाहक आहे. उन्हाळ्यांत उन्हांत ठेविलेल्या याच पदार्थांस स्पर्श केला, तर लोखंड फारच अन लागतें. कारण, लोखंडात हातांतल्यापेक्षा अधिक उष्णता असते व ती त्याच्या शीघ्रवाहकत्वामुळें हातास तात्काळ लागते. प-

रतु लोंकरी कपडा अति उष्ण किंवा अतिथंड असला, तरी त्याच्या मंदवाहकत्वामुळे तो हातास लवकर उन किंवा थंड लागत नाही. याकरितां शीघ्रवाहक मध्ये असला, म्हणजे पलीकडची उष्णता आलीकडे येईल व आलीकडची पलीकडे जाईल. परंतु मंदवाहक मध्ये असला म्हणजे बाहेरची उष्णता येणार नाही व असलेली जाणार नाही. याच कारणास्तव आगावर लोंकरीची वस्त्रे घेतल्याने आपला थंडीपासून फार बचाव होतो. कारण, त्यांच्या मंदवाहकत्वामुळे आपल्या शरीरातील उष्णता त्यांतून बाहेर जाऊ शकत नाही. इतकेच नाही, तर लोंकरीच्या कपड्यापासून उष्ण हवेत सुद्धा फायदा होतो. कारण, आगावर लोंकरी कपडा असल्याने बाहेरील उष्णता त्यातून शरीरात शिरत नाही. याकरितां लोंकरी वस्त्रे शरीराच्छादनास सर्वांत उत्कृष्ट होत. एका जाग्यांतून दुसऱ्या जाग्यांत बर्फ नेणे झाल्यास मंदवाहक लांकडाचा कीस व प्लानेल यामध्ये बांधितात. येणेकरून बर्फात बाहेरील उष्णता त्यातून शिरत नाही व बर्फ वितळत नाही. तसेच चहाचे भांडे किंवा दुसरा कोणताही कढत पदार्थ निवू नये झणून त्या सभोवतीं धावळीचे किंवा प्लानेलचे फडके लपेटतात. कारण, त्यातून उष्णता बाहेर जात नाही. जनावरे व पक्षी यांच्या आगावर केश असतात, झणून त्यांचा उष्णतेपासून व थंडीपासून बचाव होतो. कापूस व रेशीम हे पदार्थही मंदवाहकच आहेत. फक्त लोंकर या दोहोंपेक्षा अधिक मंदवाहक आहे. कच्चा कापूस, कच्चे रेशीम किंवा कच्ची लोंकर हे पदार्थ यांच्या विणलेल्या पदार्थांहून अधिक मंदवाहक असतात. कारण, विणलेल्या कपड्यात तंतु एकमेकांजवळ फार असतात. परंतु कच्च्या कापसात, रेशमांत

किंवा लोंकरींत ततूमध्ये हवा असते. हवा हा फार मदवाहक पदार्थ आहे. एके ठिकाणीं विस्तव पेटला व तेथची हवा उष्ण झाली, तर वहनानें दूरच्या हवेस उष्णता पोचत नाहीं. बर्फास-भोंवतीं कीस घालतात, याचें कारण त्यांतील हवा होय. क्रि-साच्या ऐवजीं लाकडी पेटोंत बर्फ घातल्यास रहाणार नाहीं. हवेच्या मदवाहकत्वामुळे एकावर एक बंडी घातल्यानें जितका थंडीचा बचाव होतो, तितका तितक्याच जाडीच्या दुहेरी बंडीपासून होत नाहीं. बर्फ ठेवण्याचीं जीं घरे असतात त्यांच्या आंतील भिंतीबाहेर काहीं अंतरावर आणखी एक भिन बांधून मध्ये मदवाहक हवेचा पडदा राखितात. कधीं कधीं या जागीं लाकडाचा कीस भरतात. मुंबईचीं बर्फ ठेवण्याचीं घरे अशीं केलेलीं आहेत. रुवाच्या किंवा रुवासारखी कातीव लोंकर भर-लेल्या आंगरख्यांनीं अधिक थंडी रहाते. तसेंच विणीव जाड सखलादीपेक्षां पातळ बुरगुसासारखीं जीं काबळीं (ब्ल्याकेट) पाघरण्याचीं मिळतात त्यांनीं अधिक थंडी रहाते याचें कारण त्यांतील मदवाहक हवाच होय. सारांश, मदवाहक पदार्थांतून असलेली उष्णता बाहेर जात नाहीं व बाहेरील आंत येत नाहीं. यास्तव थंडीपासून किंवा उष्णतेपासून बचाव करण्यास मदवाहक मशस्त होत. तुम्हांस अनुभव आला असेल कीं, लोखंडी पत्र्याच्या छपराच्या घरांत उन्हाळ्यांत अधिक उष्णता व हिवाळ्यांत अधिक थंडी अशीं भासतात. कारण, लोखंडी पत्रा शीघ्रवाहक आहे. त्याहून कौलारांत कमी, त्याहून गव-तानें शाकारलेल्या व त्याहून धाब्याच्या म्हणजे मातीच्या ग-चीच्या घरांत कमी थंडी व उष्णता भासतात. याप्रमाणें व्यवहारांतील आणखी शेंकडें उदाहरणें देता येतील. शीघ्र

वाहकाविषयीं आणखी दोन तीन चमत्कारिक प्रयोग सागून आटपितों.

प्रयोग ९.— हा दिवा येथें तेवत आहे याच्या सतत तेवण्यास काहीं उष्णता लागते व ती दिव्यातील रसायन कार्यानें उपन्न होत आहे परंतु जर यातील काहीं उष्णता, शीघ्रवाहक ज्योतीवर धरून काढून घेतली तर दिवा तेवणार नाही ताव्याची तार पेनसलीवर गुढाळून हें तारेचें वेटाळें केलें आहे हें वेटाळें या ज्योतीच्या सभोंवतीं घालतों. (आकृति २५८ पहा) पहा, दिवा लागलाच विझला. वरें, आता हा ताराच्या जाळीचा तुकडा या ज्योतीच्या मध्यभागी धरतों. पहा, ज्योत तेथें कापल्यासारखी दिसते. (आकृति २५९ पहा) याचें कारण इतकेंच कीं, ज्योतींतील उष्णता धातूच्या तारेनें व जाळीनें शोषून घेतली, झणून दिवा विझला. आता या हैद्रोजनाच्या कुपीतून हैद्रोजन येत आहे. हा पहा, यास दिवा लावताच तो पेटतो. यावर ही जाळी धरली, तर ज्योत जाळीवर येत नाही आतां खाली ज्योत विझवून जाळी थोडीशी उंच धरितों. पहा, त्यातून हा वायु वर येत आहे. जाळीवर हा वायु पेटवितों. पहा, जाळीच्या वरच्या आंगास मात्र शान दिवा तेवत आहे. परंतु ज्योत जाळीतून खाली जाऊ शकत नाही (आकृति २६० पहा). आतां हें वेटाळें लाल भडक करून दिव्यावर धरितों पहा, आता दिवा विझत नाही. कारण, लाल भडक तार उष्णता शोषित नाही या जाळीचा हा मधला भाग लाल भडक करून दिव्यावर धरितो. पहा, त्यातूनही त्याच कारणास्तव ज्योत वर येते. दगडी कोळशाच्या खाणीत एक प्रकारचा वायु असतो, त्यास बर्फी लागतांच तो पेटतो व तेणेंकरून खाणीत काम करणारे लोक प्राणास मुकतात. याकरिता ते तेथें धातूच्या तारेच्या जाळीच्या कदिलातून दिवा नेतात. (आकृति २६१ पहा). येणेंकरून तो दुष्ट वायु फार सांचला असला व पेटलाच तर कदील मात्र ज्योतीनें भरतो; परंतु ज्योत शीघ्रवाहक जाळीतून बाहेर येत नाही.

प्रयोग १०.— हा पितळेचा रूळ आहे व हा लाकडी रूळ आहे. हा कागद दिव्यात घातला तर तात्काळ जळतो आतां या कागदात असा हा पितळेचा रूळ धरून दिव्यावर धरितों. (आकृति २६२ पहा). चमत्कार पहा कीं, अगदीं ज्योतींत कागद असता तो जळत नाही. कागद आहे तसाच आहे आतां लाकडाचा रूळ तसा धरितों. पहा, कागद काळा झाला व जळू लागला. याचें कारण काय असावें? पितळेचा रूळ धरिला तेव्हा जी उष्णता कागदास लागे, ती सर्व पितळेच्या शीघ्रवाहक कणात पसरते, म्हणून ज्या जागीं कागदास ज्योत लागे तेथें उष्णता जमत नसे. याकरिता कागद जळत नव्हता. परंतु लाकूड शीघ्रवाहक नसल्यामुळे त्याच्या कणात उष्णता वहात नसून ती कागदावर जमली म्हणून कागद जळला. याप्रमाणे कागदात शीघ्रवाहक किंवा ज्या मदवाहकात उष्णता पसरू शकेल, असा कोणताही पदार्थ कागद न जळता उष्ण करिता येईल. तुम्हीं ऐकिलें असेल कीं, कित्येक जादूगार कागदाच्या किंवा झाडाच्या पानाच्या द्रोणांत भजीं तळतात व भातही करितात. ही गोष्ट मोठी असंभवनीय वाटते; परंतु ती अगदीं खरी आहे. याचें बीज हेंच कीं, कागदातील तेल किंवा पाणी यात उष्णता पसरते. म्हणून कागदावर उष्णता जमत नाही व कागद जळत नाही. मी तुम्हास आता या कागदात तेल व पाणी कढवून दाखवितों.

प्रयोग ११.— कागदांत भात व भजीं करणें.— या कागदाचा हा द्रोण करून यात हें पाणी घेतो, व या दिव्यावर धरितों पहा, काय चमत्कार ! कागदास काहीं होत नाहीं !! पहा, इतक्यांत पाण्यात बुडबुडे येऊं लागले. व पाणी कढत झाले !!! आता तर पाणी सळसळू लागलें. यात हे चिमटीभर तांदूळ टाकितों. पहा, तांदूळ शिजण्यास आरंभ झाला !! हा प्रयोग प्रत्यक्ष दाखविला नसता, तर तुम्हांस ही गोष्ट कधी खरी वाटली नसती. आता या पळसाच्या द्रोणात हे पाणी तापवितों. पहा, पान जळत नाहीं व

पाणी कढत आहे !! असो. आता या कागदाच्या द्रोणात हें तेल घालून कढवितों. पहा, तेंही कढू लागलें आता यात हें उडदाचें पातळ पीठ टाकतों. पहा, भजे तळू लागलें याहूनही विशेष आश्चर्य वाटण्याजोगा प्रकार दाखवितों या शेंगडीत हे रसरशीत निखारे आहेत यावर या द्रोणात हे तांदूळ घालून ठेवितों. पहा, प्रत्यक्ष निखान्यावर वाळला द्रोण असतां तो जळत नाही. पहा, पाणी ऊन झालें ! पाण्यास कढ आला !! आतां भात रटरटूं लागला !!! परंतु पान जळलें नाही !!!

२३५. प्रापण.— मंदवाहकांस विस्तवांत बुडविल्याशिवाय, किंवा त्यांसभोंवार विस्तव पेटविल्याशिवाय ते लवकर उष्ण होणार नाहींत, हें उघड आहे. कारण, मंदवाहकांच्या कणांतून उष्णता वहात नाहीं; म्हणून ज्या जागीं उष्णता लाविली असेल त्या जागीं मात्र ते लांकडासारखे उष्ण होतील. पाणी आणि हवा व दुसरे वायु हे मंदवाहक आहेत. म्हणून मोठा हाडाभर पाणी तापविणें झाल्यास त्या हाड्यासभोंवार उष्णता लावावी लागते. कारण, खालीं बुडाशीं उष्णता लाविली तर बुडाचें पाणी तापतें; वर लाविली तर वरचें तापलें असतें. तसें करणें सर्वदां अशक्य, म्हणून तितकें पाणी तापविणें आणि मोठमोठीं भाताचीं व आमटीचीं तपेलीं कढविणें दुरापास्त गोष्ट झाली असती. परंतु ज्या मंदवाहकाचे परमाणु चल असतात, त्यांमध्ये दुसराच प्रकार घडून येतो आणि त्यांमध्ये उष्णता पसरते. पाण्याच्या भांड्याच्या बुडास उष्णता लाविली, ह्मणजे बुडावरचें पाणी उष्ण होतें. उष्ण होऊन फुगल्यामुळें तें हलकें होतें. म्हणून तें हलकें पाणी वर पृष्ठभागीं येऊन, पृष्ठभागाचें जड पाणी खालीं बुडाशीं जातें. तें पुनः उष्ण होऊन वर येतें व वरचें जड पाणी आणखी खालीं जातें.

याप्रमाणें खालवर पाणी येण्याचा क्रम चालून सर्व पाण्यांत उष्णता पसरते व पाणी कढू लागते. पाण्यांत जरी उष्णता पाण्याच्या कणांतून पसरत नाही, तरी उष्ण झालेले पाण्याचे कण थंड असलेल्या पाण्याच्या कणांच्या जागी जाऊन, तेथेच्या थंड पाण्यास उष्णतेपाशी पाठवून देतात याप्रकारचें चलन सर्व पाण्यांत घडून पाणी तापते. या क्रियेस प्रापण असें नांव देऊ आणि अशा अभिसरणानें जें पाणी तापते त्यास प्रापणानें पाणी तापते असें म्हणू. आतां प्रथम प्रापणव्यापार काहीं प्रयोगानीं दाखवितों.

प्रयोग १२ - प्रथम थंड पाणी उष्ण पाण्यातून खाली जातें हें दाखविण्यासाठी या पंचपात्रात ऊन पाणी घेतों. आतां या पिपेट नामक नळींत हें शार्डनें काळें केलेलें थंड पाणी घेऊन, पाणी खाली पडूनये म्हणून नळीचें वरचें तोंड आगच्यानें गच्च धरितों. आतां नळीचें खालचें तोंड हळूच पाण्याच्या पृष्ठभागीं बुडवून वरच्या तोंडावरचा आगठा उचलितों, झणजे नळीतलें पाणी खाली पडेल हे पहा, पाण्याचे काळे प्रवाह कसे ऊन पाण्यातून खालीं उतरत आहेत ! (आकृति २६३ पहा). कारण, पंचपात्रातलें ऊन पाणी हलकें होतें, म्हणून त्यातून नळीतलें जड पाणी खालीं गेलें. पाण्यात एक बर्फाचा तुकडा टाकून याहूनही हा प्रयोग मजेचा होतो. हलकें बर्फ पृष्ठभागी राहून तेथें वितळूं लागते, आणि तें वितळून जें जड पाणी होतें त्याच्या रेषा खालीं उतरताना स्पष्ट दिसतात.

प्रयोग १३. - आता या दुसऱ्या पंचपात्रींत हें थंड पाणी घेतों, आणि या पिपेटातून हें काळें कढत पाणी नळीचें तोंड बुडापर्यंत बुडवून बुडाशी हळूच सौडितों. पहा, हें पाणी हलकें असल्यामुळें तळापासून कसें वर येत आहे ! (आकृति २६४ पहा).

प्रयोग १४ - आता बुडाशीं उष्णता लाविल्यानें पाण्यांत जें अभिसरण होतें तें दाखवितों. या काचेच्या चवूत हें पाणी घालतो.

यात डाकेच्या कागदाचे हे वारीक तुकडे टाकतो. पहा, ते भिजतांच जड असल्यामुळे सर्व तळीं गेले आता हा चबू या मद्यार्काच्या दिव्यावर ठेवितो. पहा, इतक्यात पाण्यात चलन होऊं लागलें. मधून पाणी वर जात आहे. पहा, त्यावरोवर कागदाचे तुकडेही वर जात आहेत. पहा, दोहो वाजूनी थड पाणी एकसारखें खालीं येत आहे. त्यावरोवर कागदाचे जड तुकडेही खालीं येताहेत. कारण, बुडावरचें पाणी त्याच्या खालील दिव्याच्या उष्णतेनें उष्ण होऊन हलके होतें, तें समोर थेट वर जातें, व वरचें जड पाणी दोहों वाजूनी खालीं येतें पहा, कसें मजेनें पाणी खालवर एकसारखे येत आहे ! (आकृति २६५ पहा) कागदाच्या तुकड्यांच्या गतीवरून पाण्याचे प्रवाह स्पष्ट दिसत आहेत या दुसऱ्या पंचपात्राच्या एका कोंपऱ्यास उष्णता लाविली आहे झणून पहा, एका वाजूनें पाणी वर जात आहे व दुसऱ्या वाजूनें खालीं येत आहे ! यात हा लाकडाचा कीस टाकितो. पहा, तो कसा वर जाऊन खाली उतरत आहे (आकृति २६६ पहा).

प्रयोग १५.— हेंच दाखविण्याकरिता हा दुसरा एक प्रयोग करितो त्यावरून हलकें ऊन पाणी वीत दोन विती उचीवर चढून खालीं बुडाशीं जाताना दृष्टीस पडेल. हें एक ड ड तीन हिस्से पाण्यानें भरलेलें पंचपात्र आहे. ही एक काचेची वाकडी वाकविलेली नळी आहे. हिचें एक टोंक अ आखूड आहे व दुसरें क टोंक लाब आहे व तेथे थोडें वाकलेलें आहे. आता ही नळी पाण्यात बुडवून हिचें लाब टोंक क बुडापर्यंत बुडवून, दुसरे अ टोंक पाण्याच्या पृष्ठभागीं घेण्याजोगेंच पाणी पंचपात्रींत आहे कीं नाहीं तें पाहतो. जास्त असलें तर काढून घेतो, कमी असलें तर घालतो. आखूड टोंक पाण्यात बुडत नाहीं, म्हणून आणखी थोडेंसें पाणी घालून आखूड टोंक पाण्यात बुडसें करितो आता ही नळी काढून घेऊन पाण्यानें भरतो व दोन्ही टोंकें पंचपात्रींत बुडवितो. लाब टोंक क बुडाशीं आहे व आखूड टोंक अ पृष्ठभागी

आहे. दोन्हीतील पाणी निवळ शंख असेल तर पाण्याची गति स्पष्ट दिसणार नाही, म्हणून पंचपात्रात ही थोडीशी शाई ओतून पंचपात्राखाली दिवा ठेवितों; व नळी या बैठकीस टागतों. आतां थोड्या वेळात पहा कसे पाणी चलन पावतें. पहा, इतक्यात काय होऊ लागलें. आखूड अ टोंकातून पंचपात्रातलें काळें पाणी एकसारखे चढत आहे व लाब टोंकातून तें बुडाशी उतरत आहे ! (आकृति २६७ पहा) नळी सुमार वीतभर उंच आहे. तरी पृष्ठभागाचे पाणी वीतभर उंच चढून खाली उतरत आहे. वास्तविक म्हटलें तर खालचें उष्ण व हलकें पाणी बुडाजवळच्या टोंकातून वर चढून आखूड टोंकातून पृष्ठभागां उतरावें. तसें न होतां उलटा क्रम पहा कसा झपाट्यानें चालला आहे. याचें कारण इतकेंच कीं, नळी प्रथम थंड पाण्यानें भरली होती पंचपात्रीतलें बुडाजवळचें पाणी उष्ण होताच तें वर आलें वर पृष्ठभागां येताच तेथें नळीत थंड पाणी होतें यामुळें तें हलकें पाणी त्या थंड पाण्यातून चढू लागलें व नळीतील थंड पाणी दुसऱ्या टोंकातून बुडाशीं गेलें. या प्रयोगाने पाण्यातील अभिसरणक्रिया मनाचें पुरें समाधान होण्याजोगी दृष्टीस पडते.

प्रयोग १६.— आता हें कढत पाण्यानें भरलेलें पंचपात्र या थंड पाण्यात बुडवितों पहा, पाणी वाजूनीं थंड होत आहे, म्हणून बाजूकडून थंड पाणी खालीं जात आहे व मधून हलके पाणी वर येत आहे. कढत पाण्याच्या पंचपात्रात बर्फ टाकलें म्हणजेही वरचें जड पाणी मधून खालीं जातें व खालचें हलकें पाणी वर येतें. वरून पाणी थंड करण्याचा आरंभ केला, तर मात्र पाण्यात अभिसरण उत्पन्न होतें. परंतु जसें पाणी वरून उष्ण करू लागल्यास अभिसरणक्रिया न चालता पाणी तापत नाही, तसें पंचपात्री बर्फाच्या तुकड्यावर ठेवून पाणी खालून थंड करूं लागल्यास पाण्यात अभिसरण उत्पन्न होणार नाही. कारण खालचें जड पाणी खालींच राहिल.

२३६. समुद्रांतील प्रवाह.— या प्रकारचा प्रापणव्या-

पार पृथ्वीवरील पाण्यांत सतत चालला आहे. येणेंकरून पृथ्वीवर उष्णता चहूकडे पसरत आहे. सूर्य फक्त उष्ण कटिबधात असतो. म्हणून तेथलें पाणी सूर्याच्या उष्णतेनें उष्ण होऊन फुगते. पाण्याचा पृष्ठभाग नेहमी सपाट असतो. विषुववृत्ताजवळील पाणी फुगल्यानें सपाटी बिघडते, म्हणून सपाट होण्याकरिता विषुववृत्ताच्या आसपासचें उष्ण पाणी दोहों ध्रुवाकडे जातें; याप्रमाणें इकडचें पाणी पुष्कळ तिकडे गेल्यानें तिकडेही जास्त होतें, व विषुववृत्तावरील पाण्याची वाफ होऊन पाणी कमी होतें. म्हणून तिकडील थंड पाणी खालून विषुववृत्ताकडे येतें. या प्रवाहास वारेही फार साह्यकारक होतात. या दोन कारणांनीं समुद्रांत मोठे प्रवाह नेहमी वाहून ध्रुवाजवळील प्रदेशाच्या लोकांस ते उष्णता पोंचवितात. हिंवाळ्यातही हा प्रापणव्यापार चालून सृष्टींत मोठा उपयोग होत आहे. पृष्ठभागाचें पाणी शीत झालें म्हणजे तें बड होतें व खालीं जातें व खालचें उष्ण पाणी वर येतें. याप्रमाणें क्रिया चालते. पाण्याचा समुदाय लहान असेल, तर तो सर्वच शीत होतो. परंतु मोठा समुदाय असला, म्हणजे सर्व शीत होण्यास फार काळ लागतो व निदान उष्णकटिबधांत कडक हिंवाळ्यांत सुद्धां मोठ्यां तळीं, मोठ्या विहिरी व नद्या यांचें सर्व पाणी थंड होत नाही. या अभिसरणक्रियेमुळेच सकाळीं नद्या, तळीं, विहिरी वगैरेचें पाणी ऊन असतें. फक्त ध्रुवाजवळच्या प्रदेशां थंडी फार असल्यानें व रात्री मोठ्या असल्यानें ही क्रिया फार वेळ चालून शेवटीं तिकडील पाणी थिजतें.

२३७. वारे.— या प्रकारचा एक प्रचंड प्रापणव्यापार हवेमध्ये चालून त्यापासून वारे, मेष व पर्जन्य उत्पन्न होत

आहेत या प्रापणव्यापाराची कल्पना तुमच्या मनांत चांगली आणण्याकरितां एक नेहमीच्या प्रचारातलें उदाहरण घेतों. वाळलेल्या काटक्या, पातेरा, गवत वगैरे यांचा ढीग करून तो पेटविला, म्हणजे ज्वाला व धूर थेट वर जातात आणि ढिगाच्या आसपास जळकीं पानें, गवत वगैरे पडलीं असतील त्यांच्या ज्वाला व धूर ढिगाकडे वळतात. यावरून खालून वाऱ्याचा प्रवाह ढिगाकडे वहातो आहे असें स्पष्ट होतें. ढिगावरची हवाही उष्ण होऊन हलकी होते, व ती वर जाते. तिच्या बरोबर धूर, राखेचे हलके कण वगैरे वर जातात. यामुळे वर गेलेल्या हवेची जागा घेण्याकरितां आसपासची थंड हवा ढिगाकडे येते. धूर कांहींसा वर गेला म्हणजे पुढें त्याची गति खुंटते व ती त्या जागीं पसरू लागतो. कारण, धूर जसा वर जातो त्याप्रमाणें तो थंड होऊन जड होतो. यामुळे त्यास आणखी वर जातां येत नाहीं. धूर मी सांगितल्याप्रमाणें घरें, झाडें यांच्या माथ्यावर पसरतांना तुम्हीं अनेक वेळां पाहिला असेल. या रीतीनें धूर पसरून अधिकाधिक थंड झाला म्हणजे जड होऊन दोहों बाजूनीं खालीं येऊ लागतो. त्याचप्रमाणें हवाही वर जाऊन थंड होते व तीही खालीं येते. कोल्हापुगी कागदाचा हा तुकडा पेटवितों. पहा, याची ज्वाला वर जाते. आतां ज्वाला फुकून नाहींशी करितों. कागद अद्याप धुमत आहे. तेणेंकरून त्याच्या आसपासच्या उष्ण हवेबरोबर धूर वर जात आहे, व ती थोडासा वर गेल्यावर तेथें पसरून खालीं पडत आहे. हें तुम्हांस चांगलें दाखविण्याकरितां हा कागद पुनः पेटवून त्याची ज्वाला विझवितों; आणि या कांचेच्या उभ्या पचपात्रांत हा धुमणारा कागद घालतो व धूर

बाहेर जाऊ नये, ह्मणून तिच्या तोंडावर हें झाकण ठेवितों. पहा, कसा कागदातून धूर समोर वर जात आहे, व वर गेल्यावर झाकणाच्या खाली पसरत आहे, व तेथें थड होऊन दोहों बाजूनी धुराचे लोळ एकामागून एक खाली येत आहेत !! (आकृति २६८ पहा). हाच प्रकार हवेचा होतो. मोठी होळी पेटली असता किंवा एकादी गजी किंवा घर पेटलें असतां, जर तुम्हीं जवळ असाल तर उष्ण हवा वर जात आहे, व चोहोंकडून थड हवा पेटलेल्या ठिकाणीं मोठ्या जोरानें शिरत आहे असें स्पष्ट अनुभवास येईल. असें सांगतात कीं, सन १६६६ सालीं जेव्हां लंडन शहरास आग लागली व तें शहर चार दिवस जळत होतें, तेव्हा त्या आगींत चोहोंकडून वादळासारखा मोठ्या वेगानें वारा वहात होता. एकाद्या खोलींत धुमी करून तिचें एकच दार मोकळें ठेविलें, तर त्या दाराच्या बुडाशीं हवा खोलींत शिरत आहे व वरून बाहेर जात आहे असें अनुभवास येईल. जळती मेणबत्ती दाराच्या माथ्याशीं धरिली, तर तिची ज्योत तेथच्या प्रवाहाच्या जोरानें बाहेर जाईल व बुडाशीं धरिली तर तेथच्या अतर्भवाहानें ज्योत खोलींत जाईल. असो. यावरून उष्णतेनें हवा उष्ण होऊन वर जाते व तेथें आसपासची थड हवा येते याची तर चांगली कल्पना आली असेल. तसेंच उष्ण हवा वर जात असता वरच्या हवेस दोहों बाजूस लोटते व वर गेलेल्या हवेस खालून येणारा दुसरा स्तंभ आणखी लोटतो. हा क्रम सतत चालतो व हवा जशी वर जाते तशी शीत होऊन जड होते, आणि तीही दोहों बाजूनीं खालीं उतरते. यास्तव कोठेंही विस्तव पेटला ह्मणजे दोन तीन प्रवाह उत्पन्न झाले पाहिजेत;

एक उष्ण हवा वर जाण्याचा, दुसरा वरची हवा विस्तवापासून दूर जाण्याचा व तिसरा विस्तवाकडे आसपासची हवा येण्याचा. याप्रमाणे हवेचे प्रवाह पृथ्वीवर सूर्याच्या उष्णतेने उत्पन्न होताना. या प्रवाहांविषयी सांगण्यापूर्वी दिव्याच्या उष्णतेने सुद्धा प्रवाह उत्पन्न होतात. याविषयी काहीं प्रयोग दाखवितों.

प्रयोग १७.— या दिव्यावर ही चिमणी धरून तिच्या तोंडाशी हा सोन्याच्या वर्याचा तुकडा टाकतों. पहा, तो वर गेला. आता ही लाव नळी या दिव्याच्या ज्योतीवर तिकंस धरितों. नळीतील हवा उष्ण होऊन वर जाते; म्हणून त्या प्रवाहाने ज्योत किती लाव होते ती पहा ! नळीच्या मध्याच्या वर हा दुसरा दिवा लावून नळीतील वरची हवा उष्ण केली, म्हणजे नळीत वर जाणारा प्रवाह जोराने वहातो; यामुळे पहा, ज्योत अधिकच लावट झाली व नळीच्या दुसऱ्या तोंडातून बाहेरही आली. याप्रमाणे दोन तीन फूट लांबीच्या नळींतूनसुद्धा ज्योत लावट करून दुसऱ्या तोंडाकडे आणितां येते. (आकृति २६९ पहा.)

प्रयोग १८ — अशा तऱ्हेच्या वाकड्या नळींत (आकृति २७० पहा.) उभ्या तोंडाच्या खाली स्फिपरिटात कापसाचा थोळा भिजवून टाकावा व तो पेटवावा म्हणजे तेथून उष्ण हवेचा प्रवाह थेट वर जाईल, आणि त्या जागी या आखूड तोंडाने थड हवा शिरेल. अशा वेळीं आखूड तोंडापाशीं मेणबत्ती धरिली, तर तिची ज्योत वर न जातां खालीं नळींत जाईल. कारण, तेथें हवा वरून खालीं नळीच्या आखूड तोंडात शिरत आहे.

प्रयोग १९.— ही एक कागदाची नागमोडीसारखी चकती आहे. हीस या तारेच्या टोकावर ठेवून तार या दिव्यावर धरितों. पहा, ती कशा गिरक्या घालीत फिरत आहे ! (आकृति २७१ पहा.). गिरक्या घालण्याचें कारण इतकेंच कीं, जी उष्ण हवा दिव्यापासून

वर जाऊं लागते ती चकतीच्या पहिल्या वळ्यावर थडकते. तीस चकतींतून थेट वर जाण्यास मार्ग न मिळाल्याकारणानें ती चकतीच्या खालूनच वर जाऊं लागते, यामुळे सर्व चकती मिरगिर फिरू लागते.

२३८. धुरांडी व चिमण्या.— यावरून दिव्यावरच्या चिमण्या, धुरांडी, गवाक्षें यांचा उपयोग तुमच्या लक्ष्यात आला असेल. दिवा किंवा विस्तव चागला जळण्यास व प्राण्यांचें जीवन होण्यास नेहमी स्वच्छ हवा लागते. तसेंच पुष्कळ दिवे तेवत असल्याने किंवा मोठा विस्तव पेटल्याने आणि पुष्कळ मनुष्ये एकत्र जमल्याने तेथील हवा उष्ण होते व ती दुसऱ्या वायूंनीही दूषित होते. याकरितां उष्ण हवेस बाहेर घालवून दुसऱ्या हवेस आत घेण्याच्या योजना केल्या पाहिजेत. हें तुम्हीं पाहिलेंच कीं, उष्ण हवेचा वर जाण्याचा झोंक असतो व खालून थड हवेचा तिच्या जागी येण्याचा असतो. यास्तव कोणत्याही ठिकाणीं वरचेवर नव्या हवेचा पुरवठा होण्यास मुख्यत्वेकरून उष्ण हवेस बाहेर जाण्यास वरून व थंड हवेस आत येण्यास खालून मार्ग राखिले पाहिजेत. असे दोन मार्ग नसल्यास तेथे नवी हवा येणार नाही. उदाहरणार्थ, ही तेवती मेणबत्ती या पाण्यात ठेवून हिजवर ही दोहों तोंडांनी उघडी हांडी खालचें तोंड पाण्यात बुडेशी ठेवितों. पहा, इतक्यात ती मंद झाली व विझली. कारण, उष्ण हवा हांडींतून वर जाई; परंतु पाण्यांतून थंड हवेस आत येण्यास मार्ग नव्हता, म्हणून ती विझली. यामार्गे मनुष्याचीही अवस्था होईल. परंतु या हांडीच्या मध्ये हा पत्रा बसवून दोन प्रवाह जाण्यास दोन मार्ग करितों, व या पाण्यातील पेटत्या मेणबत्तीवर ठेवितों. (आकृति २७२ पहा). पहा,

दिवा मंद झाला; परंतु पुनः तो तेवू लागला. प्रथम मंद होण्याचें कारण असें कीं, उष्ण हवा प्रथम दोहों मार्गांनीं वर जाऊं लागली, व थंड हवा खालून आली नाहीं यामुळे मंद झाला. परंतु थोड्या वेळानें एका मार्गानें उष्ण हवा वर जाऊं लागली व दुसऱ्या मार्गानें नवी हवा आंत येऊ लागली आणि दोन प्रवाह उत्पन्न झाले. याच रीतीनें मुख्यत्वे आग्नां लोकांच्या घरांत हवेचें सशोधन होतें. परंतु उष्ण हवेस बाहेर जाण्यास वरून व थंड हवेस आत येण्यास खालून मार्ग असल्यानें लवकरच स्वाभाविक हवेचे प्रवाह उत्पन्न होतात. पाटलेल्या घरांत विस्तव पेटविल्यानें जो अतिशय धूर होतो याचें कारण हेंच. उष्ण हवेस वर जाण्यास मुळींच मार्ग नसतो. परंतु चुलीवर उंच धुरांडें असलें म्हणजे उष्ण हवा व धूर स्वाभाविक वर जाऊन खालून थंड हवा येते, म्हणून असल्या जागीं कधीं धूर होत नाहीं. जेथें मोठे समाज जमतात व फार दिवे लागतात, त्या ठिकाणींही अतिशय उष्ण होऊन गदमदू लागते. कारण, उष्ण हवेस बाहेर जाण्यास वरून मार्ग नसतो. परंतु अशा स्थळास छपरात साणीं असलीं, म्हणजे तेथची उष्ण हवा बाहेर जाते व गदमदत नाहीं. मुंबईतील मोठमोठ्या वाफेच्या कारखान्यांत जीं अतिशय उंच धुरांडीं असतात त्याचें कारण हेंच. आतां याविषयीं विशेष न सांगतां सूर्याच्या उष्णतेनें पृथ्वीवरच्या हवेंत अभिसरण होऊन जे वारे वगैरे उत्पन्न होतात त्यांविषयीं सांगतो.

२३९. व्यापारोपयोगी वारे.— पृथ्वीवर सर्व ठिकाणीं सारखी उष्णता नाहीं. कारण, ज्या स्थळांवर सूर्याचे किरण लव पडतात तेथें म्हणजे उष्ण कटिबंधात उष्णता फार असते.

त्याहून समशीतोष्ण कटिबंधांत कमी व त्याहून ध्रुवांकडे फारच कमी उष्णता असते, याचें कारण उघड आहे. विस्तवाच्या समोर बसलें असता जेवढी उष्णता लागते तेवढी बाजूस बसल्यानें लागत नाहीं. तसेंच सूर्य दोन महरीं थेट डोक्यावर आला म्हणजे जेवढी त्याची उष्णता लागते तेवढी सकाळीं व संध्याकाळीं सूर्य क्षितिजाकडे खालीं असला म्हणजे लागत नाहीं. सूर्य उष्ण कटिबंधांत इकडून तिकडे फिरत असतो. परंतु त्याच्या पलीकडे कोणत्याही स्थळावर थेट असत नाहीं. या कटिबंधांत त्याच्या दोहोंबाजूंच्या प्रदेशांहून नेहमी जास्त उष्णता असते.

जे सूर्याचे किरण जमिनीवर पडतात त्याणें जमीन तापते, व त्यावरील हवाही उष्ण होते. जे किरण पाण्यावर पडतात त्यांच्या योगानें पाण्याची वाफ होते व पाण्यावरील हवाही उष्ण होते. उष्ण झालेली हवा हलकी असल्यानें वर जाते आणि त्याबरोबर पाण्याची वाफही हलकी असल्यामुळे हवेबरोबर वर जाते. उष्ण कटिबंधांत उष्णता फार, म्हणून तेथची हवा अधिक उष्ण होऊन फार वर जाते. वर गेलेल्या हवेच्या जागीं दोहों ध्रुवांकडून थंड हवा येते. उष्ण हवा उंच प्रदेशीं गेल्यानें शीत होऊन पुनः दोहों ध्रुवांकडे उतरते. याप्रमाणें हवेमध्ये सतत अभिसरण चालून वारे उत्पन्न होतात.

आतां उत्तर व दक्षिण ध्रुवांकडे थंड हवा असते, आणि विषुववृत्ताच्या जवळपासची हवा उष्ण होऊन वर जाते. म्हणून विषुववृत्ताकडे थेट उत्तरेकडून व दक्षिणेकडून वारे वहावे आणि उंच प्रदेशीं विषुववृत्ताकडून उत्तरेकडे व दक्षिणेकडे वारे वहावे, हें स्वाभाविक दिसतें. परंतु वस्तुतः थेट उत्तराभिमुख

किंवा दक्षिणाभिमुख वारे न वहातां उत्तरगोलाधांत ईशान्य दिशेने व दक्षिणगोलाधांत आग्नेयी व नैऋत्य दिशेने वारे वहातात. याचें कारण काय तें पाहू.

पृथ्वी जर अगदीं स्थीर असती तर फक्त सूर्याच्या उष्णतेनें उत्तराभिमुख व दक्षिणाभिमुखच वारे उत्पन्न झाले असते. परंतु पृथ्वी स्थीर नसून ती आपल्या आसाभोंवतीं दर २४ तासांत पश्चिमेकडून पूर्वेकडे एक प्रदक्षिणा करिते. पृथ्वीचा परीघ विषुववृत्तापाशीं फार असून तो दोहों ध्रुवांकडे कमी होत होत थेट ध्रुवापाशीं अगदीं बिंदुवत् झाला आहे. यामुळे पृथ्वीचा आपल्या आसाभोंवतीं फिरण्याचा विषुववृत्तापाशीं अतिशय वेग असून तो दोहोंकडे कमी होत ध्रुवापाशीं शून्यवत् आहे. आतां ध्रुवांकडून जी थड हवा विषुववृत्ताकडे येईल ती अगदीं कमी वेगाच्या स्थळापासून अति वेगाच्या स्थळां येईल, आणि जी हवा विषुववृत्तावरील उच प्रदेशातून ध्रुवांकडे उतरेल, ती अति वेगाच्या स्थळापासून अति कमी वेगाच्या स्थळां जाईल. या कारणांनीं त्यास कोणत्या दिशा प्राप्त होतील त्या पाहू.

तुम्हीं घोड्यावरून किंवा बगीतून भरधांव जात असतां, घोडा किंवा बगी ज्या दिशेकडे जात असतील, त्याच्या उलट दिशेनें वारा वहात आहे असा भास होतो. तसेंच आगगाडी जिकडे जात असेल त्याच्या उलट दिशेनें वारा वहातो. याचें कारण एवढेंच कीं, हवा स्थीर असते व गाडी खूब वेगानें पळते. यामुळे हवेस ठकलून तिजला पुढें जावें लागतें. हवेस मूळची गति नसते म्हणून ती आपल्या जडत्वानें मार्गें येऊं लागते. यामुळे गाडीच्या वेगाप्रमाणें उलट वारा वहातो. तसेंच तुम्हीं रंकाळ्यांत बोटोंतून जेव्हां जाता, तेव्हां बोट स्थीर पाण्यातून पुढें वेगानें जाते, म्हणून पाणी आपल्या जडत्वामुळे

बोटीच्या उलट प्रवाहानें वहातें व तो प्रवाह स्पष्ट दिसतो. आतां पृथ्वी पश्चिमेकडून पूर्वेकडे आपल्या आंसाभोंवतीं फिरते. तिचा वेग विषुववृत्तावर दर तासास १००० मैल असतो. तेथून दोहों ध्रुवांकडे कमी होत जातो. पृथ्वीस हवा चिकटलेली नसून ती पृथ्वीबरोबर सारी सारखी फिरत नाही. म्हणून पृथ्वीच्या पश्चिमेकडून पूर्वेकडे एकसारखें फिरण्यानें पूर्वेकडून पश्चिमेकडे वहाणारा असा वारा नेहमी उत्पन्न होईल. या वाऱ्याचा वेग विषुववृत्तावर अत्यंत असून तो दोहों ध्रुवांकडे कमी कमी होत जाईल. आता उत्तर ध्रुवाकडून येणाऱ्या हवेस मूळची गति काहीं नसते; परंतु तिचा रोंख थेट दक्षिणेकडे विषुववृत्तावर जाण्याचा असतो; परंतु विषुववृत्तावर पृथ्वीच्या गतीनें उत्पन्न झालेला वारा पूर्वेकडे वहातो. ध्रुवाकडच्या हवेस एक शक्ति दक्षिणेकडे ओढील व दुसरी पूर्वेकडे ओढील. म्हणून ती हवा या दोहों दिशांच्या मधून पूर्वोत्तर म्हणजे ईशान्य दिशेनें उत्तर गोलार्धात विषुववृत्ताकडे येईल आणि दक्षिण ध्रुवांकडील हवा दक्षिण पूर्व म्हणजे आग्नेयी दिशेनें येईल. विषुववृत्ताकडून जी हवा ध्रुवांकडे जाईल तिच्या आर्गो आरभो पृथ्वीच्या गतीनें उत्पन्न झालेला वेग पश्चिमेकडून पूर्वेकडे जाण्याचा असेल, आणि तिच्या थडपणानें उत्पन्न झालेला उत्तर गोलार्धात दक्षिणेकडून उत्तरेकडे जाण्याचा वेग असेल. यामुळे वरचा प्रवाह दक्षिण व पश्चिम यांच्या दरम्यान म्हणजे नैर्ऋत्य दिशेनें वाहील व दक्षिण गोलार्धात वायव्य दिशेनें वाहील. या दिशा अगदीं स्वाभाविक आहेत. ध्रुवांकडील हवा स्थीर जाग्यावरून अति वेगाच्या जागीं येते, आणि विषुववृत्तावरील हवा अति वेगाच्या जाग्यावरून स्थीर जाग्याकडे जाते. यामुळे ध्रुवांकडून

येणारी स्थीर हवा क्षणोक्षणी अधिक वेगाच्या स्थळीं येत असल्यामुळे ती क्षणोक्षणीं मार्गे रहात रहात ईशान्य दिशेनें विषुववृत्तावर येऊन पोचते. तसेंच विषुववृत्तावरील हवेच्या आंगीं पश्चिमेकडून पूर्वेकडे जाण्याचा वेग असून ती स्थीर जागीं जाते, म्हणून तिचा झोंक पुढे पुढे जाऊन नैर्ऋत्य दिशेनें धुवाकडे जाते. तुम्हांस जडत्वधर्म सांगतेवेळीं ज्या गोष्टी सांगितल्या त्या लक्ष्यांत असतील तर हें सर्व सहज समजेल. गाडी भरधांव पळत असता जर गाडीतून मनुष्यानें उडी टाकिली, तर त्याच्या आंगीं गाडीचा वेग असतो त्यानें, त्याचें शरीर पुढे जाऊन तो गाडी जिकडे जाते त्याच बाजूनें आडवा पडतो. विषुववृत्तावर दर तासास १००० मैल पुढे जाण्याचा वेग आहे. तेथील हवा एकदम जर ९०० मैल दर तासास जेथें वेग आहे तेथें गेली, तर ती १०० मैल पूर्वेकडे अधिक जाईल. त्याचप्रमाणें वरून जी हवा धुवांकडे जाते तिचा पूर्वेकडे अधिकाधिक जाण्याचा कल असतो, म्हणून वारा नैर्ऋत्येकडून ईशान्येकडे वाहतो. तसेंच जर नदीतून नाव खालीं जोरानें जात असेल आणि तीत आपण घाटावरून बसण्याचा यत्न केला तर नाव पुढे जाईल व आपण मार्गे पाण्यात पडूं. तद्वत्च धुवांकडील स्थीर हवा मार्गे पडत पडत जाते आणि ईशान्येकडून नैर्ऋत्येकडे वहात विषुववृत्तावर येते. याविषयीं तुम्हांस एक छोटासा प्रयोग दाखवितों.

प्रयोग २०.— हा गोल त्याचा आस सरळ उभा राही असा लाविला आहे. त्याचा हा उत्तर ध्रुव वर आहे. आतां गोलास आसाभोवतीं जोरानें फिरवून या भेंडाच्या गोव्या या पितळेच्या पट्टीवरून सोडितों. पहा, त्या समोर खालीं विषुववृत्तावर न जातां मधून

ईशान्य दिशेनें खाली उतरल्या. आतां या पिपेटांतून उत्तर ध्रुवावर पाणी सोडितों पहा, पाण्याचा ओघळही त्याच दिशेनें खाली आला आतां गोलास आडवा करून गोल फिरत असता पितळेच्या पट्टीवरून विषुववृत्तावर या गोऱ्या सोडितों; पहा, त्याही समोर खाली न जाता तिर्कस गेल्या.

असाच प्रकार पृथ्वीच्या गोलावर होतो. उत्तर व दक्षिण गोलार्धांतील या दोन वाऱ्यांचा जेथे समेट होतो, (हा समेट विषुववृत्ताच्या उत्तरेस उत्तर गोलार्धांत होतो) तेथे दोहोंचा वेग समान असल्यास तो नष्ट होऊन तेथे हवा शांत होते. वेग कमजास्त असल्यास ज्याचा जोर जास्त होईल त्या दिशेनें वारा वहातो व यामुळे तेथे एकसारख्या वाऱ्याच्या दिशा बदलतात. असो. याविषयी विशेष न सांगतां आपले हिंदुस्थान उत्तर गोलार्धांत असल्यामुळे नेहमी ईशान्य दिशेनें वारा वहावा, तसें न होतां तो कांहीं दिवस ईशान्येकडून व कांहीं दिवस नैर्ऋत्येकडून असा वहातो. याचें कारण सांगून वाऱ्याचें प्रकरण आटपितों.

२४०. मानसून किंवा नैर्ऋत्य वारे.— या दिवसांत म्हणजे कार्तिकापासून चैत्रपर्यंत (नोव्हेंबर पासून एप्रील) ईशान्येकडून वारा वहातो, तो स्वाभाविकच आहे; परंतु वैशाखापासून आश्विनापर्यंत (मे पासून आक्टोबर) नैर्ऋत्येकडून वारा वहातो याचें कारण काय तें पाहू.

उत्तर गोलार्धांत मुख्यत्वे आशिया खंडाच्या लगत्यास जमीन फार आहे. जमिनीवर उष्णतेचे किरण पडले म्हणजे ते संचित होऊन तेथे रहातात. परंतु पाण्यावर जे पडतात त्यांच्या योगानें पाण्याची वाफ होऊन वर जाते आणि उष्णता पाण्या-

वर फारशी सांचत नाहीं. या भेदामुळें जेव्हां सूर्य उत्तर गोलार्धांत एप्रिल पासून अक्टोबरपर्यंत असतो तेव्हा आशिया खंडांतील, मुख्यत्वे हिंदुस्थानांतील जमीन तप्त होते. तेणेंकरून तिजवरील हवाही उष्ण होऊन वर जाते; परंतु हिंदुस्थानच्या आसपासच्या हिंदीमहासागरांत उष्णतेचा संचय न झाल्यामुळें तिकडील हवा इकडच्यापेक्षा थंड राहते. यामुळें हिंदीमहासागरावरील थंड हवा हिंदुस्थानांत येते व यामुळें वारा कोठें दक्षिणेकडून, परंतु बहुतेक नैर्ऋत्येकडून वहातो. परंतु जेव्हां सूर्य दक्षिण गोलार्धांत जातो तेव्हां हें कारण नाहींसें होऊन ईशान्येकडून वारा वहातो. नैर्ऋत्यवाऱ्या बरोबर पाऊसही येतो.

२४१ खारावारा व मतलई.— उष्णकटिबंधांतल्या समुद्रकिनाऱ्यावरच्या प्रदेशांत दररोज नेमल्यावेळीं नेमक्या दिशांकडून वारे सुटतात. सूर्य उगवल्यानंतर कांही तासांनीं समुद्राकडून खारावारा उत्पन्न होऊन जमिनीकडे वाहूं लागतो आणि जसजसा दिवस चढतो तसतसा त्याचा जोर अधिकाधिक होतो; आणि सूर्य मावळूं लागला म्हणजे जोर कमी होऊन वारा बंद पडतो. रात्र पडल्यावर जमिनीकडून समुद्राकडे वारा उलटा वाहूं लागतो व तो रात्रभर वाहतो. तो सूर्य उगवल्यानंतर कांहीं तासांनीं बंद होतो. या वाऱ्यास मतलई म्हणतात. याचें कारण असें आहे. सूर्य उगवल्यावर जमीन तप्त होऊन तिजवर उष्णता जमते. येणेंकरून तिजवरील हवा उष्ण व विरल होऊन वर जाऊ लागते. पाण्यावर जे सूर्यकिरण पडतात त्यांपैकीं कांहीं पाण्याची वाफ करण्यांत खर्च होतात; बाकी पाण्यास उष्ण करू लागतात. परंतु पाण्याच्या

नीच विशिष्ट उष्णतेमुळे पाणी तप्त होत नाही व त्यावर उष्णता जमत नाही. यामुळे पाण्यावरची हवा जमिनीवरच्या हवेपेक्षा थंड राहते. म्हणून जमिनीवरची उष्ण हवा वर गेली, झणजे पाण्यावरची थंड हवा जमिनीकडे येते आणि याप्रमाणे जमिनीवरील हवा वर जात असेपर्यंत समुद्राकडून खारावारा वाहतो. हा वारा दोन प्रहरानंतर चांगला जोराने वाहू लागतो. कारण, जवळच्या पाण्याच्या उष्णतामानापेक्षा जमिनीचे उष्णतामान जास्त वाढण्यास इतका काळ लागतो. याप्रमाणे समुद्रापेक्षा जमीन जास्त उष्ण होऊन हा वारा उत्पन्न होतो. आता रात्री काय होते तें पाहू. रात्री जमीन व पाणी दोन्ही थंड होऊ लागतात. जमिनीतून उष्णता विसर्जनाने जास्त जाते. यामुळे समुद्राहून अधिक थंड होते. या मानाने तिजवरील हवाही समुद्रावरच्या हवेहून जास्त थंड होते. म्हणून समुद्रावरची उष्ण हवा वर जाऊन जमिनीकडील थंड हवा समुद्राकडे जाऊ लागते. हा वारा मध्यरात्रीच्या सुमारास चांगला वाहू लागतो. कारण, त्या सुमारास जमीन चांगली थंड होते. या वाऱ्यास मत्तलई म्हणतात.

२४२. पर्जन्य आणि वारे.— पर्जन्य पडण्यास विवक्षित जाग्यावरील उच्च प्रदेशां पाण्याची वाफ असली पाहिजे. युरोप, आशिया आणि आफ्रिका या विशाल भूमिप्रदेशांवर पाणी थोडे असून बाष्पभवनाने वाफ फार थोडी जाते; परंतु समुद्रातून अतोनात वाफ वर जाते. याकरिता स्वभावतः समुद्रावर फार पर्जन्य पडावा आणि जमिनीवर मुळीच पडू नये. कांहीं पडला तरी फार थोडा पडावा. परंतु वस्तुतः तसे न होता जमिनीवरही पुष्कळ पर्जन्य पडतो. आमच्या हिंदुस्था-

नांत व अमेरिकेंतल्या ब्रेझिल देशांत अतोनात पर्जन्य पडतो, आणि विलायतेंतही जरी थोडा तरी सतत आठ नऊ महिने पर्जन्य पडतो. यावरून समुद्रावरची वाफ जमिनीवर जाते व ती वाऱ्यांच्या योगानेंच जाते यांत संशय नाहीं. म्हणून नुकते जे मुख्य वारे सांगितले त्यांच्या दिशा लक्षांत असतील, तर पर्जन्य कोठें कसा पडतो व कोठें कां पडत नाहीं हें सहज लक्षांत येईल. ज्या प्रदेशांवर समुद्राकडून वाफेनें भारलेले वारे येतील, तिकडेच मात्र पर्जन्य पडेल आणि जिकडे असे वाफेनें भारलेले वारे येणार नाहींत, तिकडे पर्जन्य मुळींच पडणार नाहीं. ध्रुवांकडून वहाणारे वारे अगदीं कोरडे व वाफ नसलेले येतील. कारण तिकडे बाष्पभवनच फार होत नाहीं. म्हणून ध्रुवांकडून येणाऱ्या वाऱ्यांबरोबर पाऊस मुळींच पडणार नाहीं. परंतु विषुववृत्ताच्या दोहोंबाजूस सुमारे २२° सूर्य असल्यानें तेथील पाण्याची वाफ पुष्कळ होईल, म्हणून विषुववृत्ताकडून जे वारे ध्रुवांकडे जातील ते वाफेनें भारलेले असल्यामुळे, ते शीत प्रदेशां गेल्यास त्यांच्या योगानें पर्जन्य पडेल.

ज्या ठिकाणावर थेट सूर्य असतो तेथें बाष्पभवन अतिशय उत्तेजित असतें, म्हणून तेथें सतत वहाणाऱ्या द्रोन्ही गोलाधांतील ईशान्य व आग्नेयी वाऱ्याचा समेट होतो. यामुळे तेथें बहुतेक शांतता असते. यास्तव या प्रदेशात वरची वाफ थिजून पर्जन्यरूपानें सतत पडत असते. यास्थळीं अतिशय पर्जन्य असतो. पूर्व गोलाधांत ईशान्य वारे जमिनीवरून येतात, म्हणून ते वाफेनें भारलेले नसतात. या करितां ते रुक्ष व थड असतात व त्याबरोबर कधीं पर्जन्य येत नाहीं. याच गोलाधांत कांहीं विशेष कारणानें आग्नेयी दिशेनें वारा न वहातां मुख्यत्वे हिं-

दुस्थान व त्याच्या पूर्वेकडील देशांवर तो नैर्ऋत्य दिशेने वहातो. तो हिंदीमहासागरावरून वाफेने भारलेला असतो. परंतु यावेळीं सूर्य इकडेच असतो. यामुळे ती वाफ वर जाऊन थिजून पर्जन्यरूपाने खाली येते. नैर्ऋत्य वारा सुटल्याबरोबर पर्जन्यकाळ याच कारणाने सुरू होतो. पश्चिम गोलार्धात ईशान्य व आग्नेयी वारे समुद्रावरून वाफेने भारलेले येतात. म्हणून तिकडे पर्जन्य या वाऱ्यांबरोबर येतो. विषुववृत्ताकडून जे ध्रुवाकडे उच्च प्रदेशांतून वारे वहातात तेही वाफेने भारलेले असतात. म्हणून या वाऱ्यांबरोबर पर्जन्य पडतो. परंतु हे जसजसे शीत होतील त्याप्रमाणे ते ध्रुवाकडे वळतात शीततेच्या मानाने त्यांमध्ये कमी वाफ असते. पुष्कळ वाफ थिजून उष्ण कटिबंधात पडते व काहीं थोडी वाफ घेऊन ते ध्रुवाकडे जातात. यामुळे या वाऱ्यांबरोबर एकंदरीत थोडा पर्जन्य पडतो. परंतु हे वारे पश्चिमेकडून जसे पूर्वेकडे जातात त्याप्रमाणे त्यांतील वाफ खाली पडून रिते होत पूर्वेकडून शीत कटिबंधात शिरतात. या कारणाने युरोपाच्या पूर्व बाजूवर पश्चिम बाजूपेक्षा थोडा पर्जन्य पडतो. लंडन शहरची पर्जन्याची सरासरी २३ इंच आहे. परंतु सेंटपिटर्सबर्गची १५।१६ इंच आहे.

२४३. पर्जन्यहीन प्रदेश—आफ्रिकाखंडातील सहारामैदान, अरबस्थानचा उत्तर भाग, सिरिया, इराण आणि स्वतंत्र तार्तरीचा उत्तर भाग (गोबी आणि शामो हीं मैदाने) यांत उभ्या वर्षांत पर्जन्य पडत नाही. याचे कारण केवळ त्यावर वाफेने भारलेले वारे येत नाहीत हेच आहे. या छोट्या नकाशाकडे पहाल, तर हे प्रदेश उत्तर गोलार्धात असल्यामुळे यावर ईशान्य वारे वहातात. या प्रदेशांचे ईशान्येस

जमीन असल्यामुळे जमिनीवरून ते येतात, झणून त्यामध्ये वाफ मुळीच नसते. फक्त आफ्रिकेत जाताना भूमध्य समुद्रावरून जातात. परंतु हा समुद्र फार लहान व तो उष्ण कटिबंधात नसल्यामुळे त्यातून वाऱ्यास वाफ फारशी मिळत नाही. आता हे प्रदेश, विषुववृत्ताकडून उलट उत्तर ध्रुवाकडे जे वारे नैर्ऋत्य दिशेने वहातात, त्यांच्या खाली आहेत, म्हणून सूर्य दक्षिण गोलार्धात गेल्यावर दक्षिणेकडून उलट वारा वाफेने भारलेला उत्तरेकडे नैर्ऋत्य दिशेने येतो. त्याच्या योगाने यावर पर्जन्य कां पडू नये अशी शका उत्पन्न होईल. स्वतंत्र तार्तरीतील गोबी मैदानांवर जे नैर्ऋत्य वारे जातात ते हिमालयावर थडकून व त्याच्या बाजूने त्याच्या शिखरावर जातात. तेथे त्यांतील बहुतेक वाफ पर्जन्य, हीम इत्यादि रूपाने पडून ते वाफहीन झालेले असतात. म्हणून या भागांवर यांच्या योगाने पर्जन्य पडत नाही हे स्वाभाविक आहे. परंतु सहारा, अरवस्थान आणि इराण यांवर जो विषुववृत्ताकडून उलट नैर्ऋत्य वारा वरून जातो त्यास पर्वतांचे वगैरे अडथळे नसल्यामुळे या वाऱ्यांवर पर्जन्य त्या प्रदेशांवर यावा. कारण युरोपांत मुख्यत्वे पश्चिमभागी याच वाऱ्याने पर्जन्य पडतो. परंतु मी वर सांगितले की, पर्जन्य पडण्यास वारा समुद्रावरून वाफेने भारलेला असा आला पाहिजे. युरोपाच्या नैर्ऋत्येस अटलांटिक महासागर असल्याने त्यावरून वारा येतो तो वाफेने भारलेला येतो. परंतु अरवस्थान व इराण यांच्या नैर्ऋत्येस आफ्रिका खड आहे. सहाराच्या नैर्ऋत्येसही जमीन आहे व हे मैदान उष्ण कटिबंधाच्या अगदी सीमेवर असल्यामुळे उलट वाऱ्याची दिशा अगदी थेट नैर्ऋत्य या जागी नसते. म्हणून या तिन्हीं

प्रदेशावर जो वारा येतो तो उष्णकटिबधातल्या उष्ण व रख-
रखीत जमिनीवरून येतो, म्हणून त्यामध्ये पाण्याची वाफ मुळींच
नसते व या कारणास्तव या उलट वाऱ्यापासूनही यावर पर्जन्य
पडत नाही.

ही गोष्ट या आकृतीवरून तुमच्या लक्षात चांगली येईल.
हीत आफ्रिका, अरबस्थान, सीरिया व इराण हे प्रदेश
दाखविले आहेत. अ व ब हे विषुववृत्त आहे. (आकृति २७३
पहा). क ड कर्कवृत्त आहे. इ फ ग ही रेषा अत्यंत उष्ण-
तेची सीमा आहे. धुवाकडून जी थंड हवा येते ती उष्ण होऊन
वर गेल्यावर या इ फ ग सिमेपासून उलट मार्गें वळते.
बाणांच्या टोंकांनी विषुववृत्ताकडे येणाऱ्या व विषुववृत्ताकडून
जाणाऱ्या वाऱ्याचे प्रवाह दर्शविले आहेत. यावरून स्पष्ट ल-
क्ष्यांत येईल की, विषुववृत्ताकडून जे उलट प्रवाह सहारा,
अरबस्थानचा उत्तर भाग, सीरिया आणि इराण या दे-
शांवरून जातात, ते सर्व उष्णकटिबधातल्या रुक्ष जमिनीवरचे
असतात.

उष्णकटिबधांत बाष्पभवन खूब चालतें ह्मणून तेथे अतिश-
यच पर्जन्य पडतो. समशीतोष्ण कटिबधात त्याहून कमी व
ध्रुवाकडे अगदींच कमी पडतो.

२४४ डोंगर व झाडे यांचा पर्जन्याशी संबंध.— या-
शिवाय कांहीं विशेष कारणांनी पर्जन्य जास्त कमी पडतो. ज्या
प्रदेशांत उच पर्वत फार त्या प्रदेशीं, सपाट प्रदेशाहून जास्त
पर्जन्य पडतो. वाऱ्याचा जसा पर्जन्य आणण्यास उपयोग होतो
तसा पर्वतांचाही होतो. या आकृती कडे पहा. (आ० २७४)
या म पर्वताकडे वाफेनें भारलेला वाऱ्याचा प्रवाह येत आहे असें

समजू. तर हा प्रवाह पर्वताच्या बाजूवर येऊन अ ठिकाणी थडकला, म्हणजे तो पर्वताच्या बाजूने त्याच्या माथ्यावर जातो. पर्वताच्या माथ्यावर थंड प्रदेशीं गेल्याने त्यांतील वाफ थिजून तिचे ढग बनतात किंवा पर्जन्यरूपाने ती खाली पडते. या कारणस्तव आपल्या सह्याद्री पर्वतावर व त्याच्या जवळ पास अतिशय पर्जन्य पडतो. पश्चिमेकडून व नैर्ऋत्येकडून जे वाफेनें भारलेले वारे येतात ते सह्याद्री पर्वतावर थडकून त्यातील पुष्कळ वाफ त्यावर पडून पुढें वाऱ्याच्या जोराप्रमाणें थोडथोडी जाते. यामुळे सह्याद्रीवर अतिशय पर्जन्य पडून पूर्वभागीं कमी पडतो. महाबळेश्वरीं तर कधीं कधीं ३०० इंच पडतो. बावड्यास १८०° इंच पडतो. परंतु कोल्हापूर येथें ४० किंवा ५० इंचांहून अधिक पडत नाहीं. सांगली, मिरजेकडे २५ इंचांहून जास्त पडत नाहीं. तसेंच उंच झाडींचीं जगलें असतील तर त्यांचाही उपयोग पर्जन्यास पर्वतांसारखा होतो. मिसर देशांत नारळींचीं व खारकांचीं झाडे विपुल झाल्यापासून तिकडे पूर्वीपेक्षा अधिक पर्जन्य पडू लागला आहे. परंतु ठेंगण्या झाडांचा पर्जन्यास कांहीं उपयोग होईल असें वाटत नाहीं. परंतु गडददाट झाडी असल्यानें त्यांतून सूर्याचे किरण जमिनीवर पडत नाहींत व यामुळे तेथून बाष्पभवन फार होत नाहीं. यामुळे तेथें जमलेला पाण्याचा संचय फार काळ राहतो. उघड्या मैदानावरचें पावसाचें पाणी जसें वाहून जातें तसें झाडी असलेल्या जमिनीवरचें जात नाहीं. असा पाण्याचा संचय करण्यास व तो राखण्यास झाडीचा फार उपयोग होतो. पूर्वीं जेव्हा सह्याद्रीपर्वत झाडांनीं अगदीं आच्छादित असून सदां निबिड छायेखालीं होता तेव्हां त्यांतून निघालेल्या कृष्णा,

वारणा, पंचगंगा, कोयना वगैरे नद्या हल्लींप्रमाणें उष्णका-
ळात आटत नव्हत्या.

प्रकरण २२.

उष्णतेचें किरणविसर्जन, परावर्तन, आणि शोषण.

२४५. उष्णतामानाची समता.— निरनिराळ्या उष्ण-
तामानाचे पदार्थ एकमेकांजवळ ठेविले, तर काहीं वेळानें त्या
सर्वांचें उष्णतामान सारखें होतें. ज्यांचें उष्णतामान कमी अ-
सेल त्यांत जास्त उष्णतामानाच्या पदार्थांतून उष्णता शिरून
सर्वांचें उष्णतामान सारखें होतें. हा जो उष्णतेच्या आंगीं
धर्म आहे, तें एकून उष्णता सर्व ठिकाणीं पसरून एकसारखी
होते. विस्तवात बोट घातलें तर भाजतें. कारण, बोट्यात वि-
स्तवापेक्षा कमी उष्णता असते. याकरितां विस्तवातील उष्णता
बोट्यांत शिरून दोहोंची समता होते. लोखंडास हात लावि-
ल्यानें हात गरम असला, तर हातांतील लोखंडांत आणि लो-
खंड गरम असल्यास त्यांतील हातांत उष्णता शिरते. ही
वहनानें उष्णता पसरली. पाणी व वायु एका जागीं उष्ण झाले
तर उष्ण कण दुसरीकडे जाऊन तेथच्या कणांस ते उष्णतेकडे
पाठवितात. या रीतीनें उष्णता पसरते त्यास प्रापण म्हणता-
त. या दोहोंविषयीं मागील धड्याव सांगितलें. वहन आणि
प्रापण या दोन प्रकारांशिवाय आणखी एका प्रकारानें उष्ण-
ता एका पदार्थांतून दुसऱ्या पदार्थांत जाते, त्यास किरणवि-
सर्जन असें म्हणतात; त्याविषयीं आज सांगतो.

२४६. उष्णतेचें किरणरूप विसर्जन - आपण मोठ्या विस्तवाजवळ कांहीं अंतरावर बसलों, तर विस्तवास स्पर्श न करितां आपणांस विस्तवाच्या उष्णतेचें ज्ञान होतें. उष्णता वहनानें किंवा प्रापणानें येते असें म्हणवत नाहीं. कारण हवा हा मंदवाहक पदार्थ आहे. मधून एकसारखें भाष्यानें फुकून वरचेवर तेथें नवी थड हवा सोडिली, तरी उष्णतेचें ज्ञान होतें. विस्तवाजवळची हवा उष्ण झाली तर ती वर जाईल; परंतु बाजूस आपणाकडे येणार नाहीं. हा उष्ण केलेला धातूचा गोल जर असा हवेंत टांगला आणि त्याच्या कोणत्याही बाजूस कांहीं अंतरावर हात धरिला, तर हातास उष्णता लागते. त्याच्या सभोंवार कोठेंही हें उष्णतामापक धरिलें तरी पहा पारा चढतो. यावरून पदार्थापासून उष्णता सर्व दिशांनीं फांकते. हाताच्या मध्ये व या गोळ्यामध्ये असा हा कागद किंवा पत्रा धरिला, तर उष्णतेचें ज्ञान होत नाहीं. हा गोळा असाच कांहीं वेळ राहू दिला तर निवून थड होतो. यास्तव यांतून उष्णता जाते यांत संशय नाहीं. मध्ये पडदा असला तर त्यांतून उष्णता येऊं शकत नाहीं. म्हणून पदार्थांतून जी उष्णता जाते ती सरळ रेषांनीं जाते. अशी सरळ रेषांनीं जी उष्णता फांकते त्यास उष्णतेचें किरणरूप विसर्जन असें म्हणतात; आणि ज्या रेषांनीं ती दूर जाते त्यास उष्णतेचे किरण असें म्हणतात. सूर्याची उष्णता आपणास याचरीतीनें पोचते. कोणत्याही उष्ण पदार्थाजवळ असल्यास जी झळ लागते ती विसर्जनानेंच. उष्ण पदार्थ आपोआप थड होतात तेंही विसर्जनानेंच घडतें.

आतां निरनिराळ्या पदार्थांतून उष्णतेचें विसर्जन कसकसें होतें तें पाहूं.

प्रयोग १.— ही एक चहा ठेवण्याची चौकोनी धातूची पेटी आहे. हिच्या एके बाजूस सोनेरी वर्ख लाविला आहे, दुसऱ्या बाजूस रुपेरी वर्ख आहे. बाकी दोन बाजूंस काळा रंग लाविला आहे. आता ही पेटी या लकडाच्या तुकड्यावर ठेवून हीत हें कढत पाणी ओतितों निरनिराळ्या बाजूंजवळ उष्णतामापकें धरून कसकशी उष्णता त्या बाजूंनीं फाकते तें पाहूं. हें पाण्याचें व हें हवेचे अशीं दोन उष्णतामापके आहेत. याच्या योगानें या पेटीच्या चारी बाजूंनीं उष्णता कशी विसर्जन पावते तें पाहूं.

हें लक्ष्यांत ठेवा कीं, उष्णतेनें पारा चढतो. परंतु हवेच्या उष्णतामापकांत उष्णतेने हवा प्रसृत होऊन हें रंगित पाणी उतरते. असो. आता या पेटीच्या या सोनेरी बाजूपाशीं हें पाण्याचें उष्णतामापक नेतों. पहा, पारा चढत नाही. जवळ नेलें तरी काहीं म्हणण्यासारखा चढत नाही. रुपेरी बाजूकडे नेतों. पहा, त्या स्थळींही चढत नाही. हें हवेचें उष्णतामापक नेतों. त्यातीलही हवा प्रसृत होऊन पाणी फारसें उतरलें नाही. आता या काळ्या बाजूकडे नेतों. पहा, पारा लागलाच चढला हवेचें नेतों त्यातीलही पाणी उतरलें. बरें, या काळ्या बाजूपासून थोडथोडें दूर नेल्यानें काय होते तें पाहूं. फार दूर नेलें कीं पहा, पारा उतरतो, आणखी दूर नेल्यानें आणखी उतरतो जवळ नेलें कीं चढतो.

या प्रयोगावरून हें स्पष्ट झालें कीं, सोनेरी व रुपेरी बाजूपेक्षां काळ्या बाजूंतून अधिक उष्णता फाकते किंवा विसर्जित होते. आणि जसजसें विसर्जक बाजूपासून दूर जावें तसतशी उष्णता कमी असते. आतां धातु, कांच आणि मृत्तिका यांतून उष्णता कशी फाकते तें पाहूं.

प्रयोग २.— धातु, कांच आणि मृत्तिका यांची विस-

जक शक्ति — आता या चकचकीत रुप्याच्या वाटींत व चिनीपेल्यात हें कढत पाणी ओतितों. आता त्याजवळ उष्णतामापकें नेऊन पाहूं. पहा, रुप्याच्या वाटीजवळ उष्णतामापक चढत नाही; परंतु मातीच्या भांज्याजवळ फार चढतें. आतां या पितळेच्या वाटींत व या कांचेच्या पेल्यांत हें कढत पाणी ओतितों. येथेही पितळेच्या वाटीजवळ उष्णतामापक चढत नाही. परंतु कांचेच्या पेल्याजवळ चढतें.

यावरून धातूहून माती व कांच यांपासून अधिक उष्णता फांकते हें सिद्ध आहे. ज्यांतून अधिक उष्णता फांकते, त्यांतील पाणी लवकर थड होईल; आणि ज्यांतून फांकत नाही त्यात पुष्कळ वेळ गरम राहिल. आतां या वाट्या व पेलें असेच राहूं देतो. काहीं वेळानें काय होतें तें पाहूं. तसेंच या मळकट पितळेच्या द्रोणांत व या चकचकीत द्रोणांतही कढत पाणी घालून ठेवितों. आतां निरनिराळ्या रंगाच्या पदार्थांतून उष्णता कशी फांकते तें पाहूं.

प्रयोग ३.— रंगित पदार्थांची विसर्जक शक्ति.— निरनिराळ्या रंगात निरनिराळी उष्णताविसर्जनशक्ति असते असा पूर्वी समज होता. परंतु आतां असे प्रयोगाधारे सिद्ध झाले आहे कीं, सर्व प्रकारच्या रंगातून बहुतेक सारखीच उष्णता फांकते. या दुसऱ्या चौकोनी पेटीच्या तीन बाजू हिरवा, तांबडा व काळा या रंगांनीं रंगविल्या आहेत. एक बाजू तशीच ठेविली आहे. तसेंच या चार रुप्याच्या वाद्या आहेत. यांपैकीं तिहींवर हिरवा, तांबडा व काळा असे रंग दिले आहेत. आता पेटीत व या चार वाद्यात कढत पाणी घालतो उष्णता कशी फांकते तें पाहूं. हवेचें उष्णतामापक पेटीच्या तांबड्या बाजूकडे नेलें तर पहा उतरतें. या काळ्या बाजूकडे नेतो. तेथे स्थीर रहातें. या हिरव्या बाजूकडे नेऊन पाहूं. पहा, तेथेही त्यात काहीं फेरफार झाला नाही. आता या चकचकीत बाजूकडे नेतो. पहा, तें लागलेंच चढलें. यावरून तिन्हीं रंगां-

च्या बाजूतून उष्णता विसर्जन पावत होती, व ती तिन्ही रगाच्या बाजूतून सारखी फाकली; परंतु चकचकीत बाजूतून काही फाकली नाही. हा चमत्कार या वाद्यांजवळ उष्णताभाषक नेल्याने दृष्टीस पडतो. आता या वाद्यांतील पाणी असेच थंड होऊ देऊन कशातील पाणी लवकर थंड होते तें पाहूं.

प्रयोग ४ - या दोन चकचकीत पितळेच्या वाद्यांपैकीं एकीच्या सभोवतीं हे काळे फडके गुढाळतों व दुसरी तशीच ठेवितों. या दोहोंत हें कढत पाणी ओतून शीत होऊ देतो.

२४७. उष्णतेचें शोषण आणि परावर्तन.- पाणी थंड होण्यास कांहीं वेळ लागेल; तोंपर्यंत दुसरे कांहीं प्रयोग करून उष्णतेचे किरण निरनिराळ्या जातींच्या द्रव्यांत कसे शिरतात तें पाहूं.

प्रयोग ५.- या शेंगडींत हे रत्तरशीत लालभटक निखारे आहेत. शेंगडीतील निखान्यापासून सारख्या अंतरावर हा जस्ताचा पत्रा व ही लाकडी फळी धरितों. निखान्यापासून जे उष्णतेचे किरण विसर्जित होत आहेत ते पत्र्यात व लाकडात कसे शिरतात तें पाहूं. पहा, इतक्यात लाकडी फळीची विस्तवाकडची बाजू कढत झाली; परंतु पत्रा अगदी थंड आहे.

साधारणतः लोकांस वाटत असतें कीं, धातु शीघ्रवाहक म्हणून लवकर उष्ण होतात. परंतु पहा, या स्थळीं अगदीं उलट प्रकार प्रत्यक्ष अनुभवास येत आहे. येथें शीघ्रवाहक उष्णतेचे किरण मुळींच घेत नाहीं. परंतु मंदवाहक भरारां अधाशासारखे गळम करीत आहे. पहा, इतक्यांत फळीची विस्तवाकडची बाजू काळसर होऊ लागली. तरी पत्रा पूर्ववत् थंड आहे ! हा मोठा चमत्कार आहे; आणि ही गोष्ट धातूंच्या शीघ्रवाहकत्वाच्या विरुद्ध आहे. याकरितां मृष्टींतील ए-

काद्या नियमावरून सर्वसाधारण अनुमान काढणें अगदीं अप्रशस्त होय. सर्व नियम व सृष्टींतील अनेक गोष्टी पाहिल्याशिवाय अनुमान काढून उपयोग नाहीं. या स्थळीं दुसऱ्या एका सृष्टिनियमामुळे धातु विस्तवाजवळ असताही जन होत नाहीं. तो कोणता नियम तें ऐका ! जे उष्णतेचे किरण धातूच्या पत्र्यावर पडतात, ते धातूच्या पत्र्यापासून उलट फेंकले जातात. पदार्थावर पडलेले किरण उलट पुनः विसर्जित होणें यास परावर्तन असें म्हणतात. याप्रमाणें जेवढे किरण धातूच्या पत्र्यावर पडतात, तेवढे तेथून परावर्तन पावून उलटे हवेंत जातात. यामुळे धातूवर किरण मुळींच रहात नाहींत. म्हणून ती उष्ण होत नाहीं. परावर्तनाची कल्पना तुमच्या मनांत आरशानें बरीच येईल. पहा, हा आरसा असा तिकिस उन्हांत धरिला झणजे भिंतीवर किरण पडतात. हें प्रकाशाच्या परावर्तनानेंच घडलें. जे प्रकाशाचे किरण आरशावर पडले, त्यास आरशातून आरपार जाण्यास वाच नसल्यामुळे ते उलट वाकड्या रेषेनें आरशापासून फाकले, म्हणून भिंतीवर किरण पडले. याप्रमाणेंच उष्णतेचें परावर्तन होतें. लाकडातून तसें उष्णतेच्या किरणांचें परावर्तन होत नाहीं. झणून त्यावर किरण जमतात व लांकूड उष्ण होतें.

प्रयोग ६.— या निखान्यापाशी हा परावर्तक (रिफ्लेक्टर) असा कलता धरितों. आता तुम्ही आपला तळहात पत्र्यासमोर काहींसा वर धरा काय बरें वाटतें ? हातास उष्णता लागते. आता असाच हा फळीचा तुकडा धरितों. आता काय वाटतें ? काहीं नाहीं. यावरून परावर्तकावर जे उष्णतेचे किरण पडले, ते त्यापासून उलट परावर्तन पावले, म्हणून हातास उष्णतेचें ज्ञान झालें. लाकडापासून

किरण परावर्तन पावले नाहीत; म्हणून हातास कांहीं गरमपणाचे ज्ञान झालें नाहीं. उन्हाळ्यात खिडक्याच्या दारापैकी भिंगाहून लाकडी पट्ट्या व चौकटी अधिक गरम होतात याचें कारण हेंच.

प्रयोग ७.— या कांचेच्या भिंगावर हा कथलाचा वर्ख अर्ध्या-बाजूवर चिकटविला आहे, व अर्धा बाजू मोकळी आहे. आता हा तुकडा या निखान्यापाशीं धरितों. पहा, पश्चिमागच्या बाजूस भिंग अगदीं ऊन झालें नाहीं. परंतु तुसत्या बाजूच्या मार्गे भिंग कढत झालें. तुसती बाजू या दिव्यावर काजळाने काळी करितों. आतां विस्तवापाशीं धरितों. पहा, ती तर अधिकच उष्ण झाली. कारण, काळ्या बाजूनें अधिक किरण शोषिले. या लाकडी फळीच्या तुकड्यावर हा पातळ पत्रा बोटभर चिकटविला आहे. यावर हा लाल भडक लोखंडी कांबीचा तुकडा मिनिटभर ठेवून काढितों. पहा, पत्रा आहे तेथे लाकूड जळलें नाहीं; परंतु बाकी ठिकाणीं जळलें. कथिलाच्या पश्चातून उष्णतेचें परावर्तन झालें म्हणून त्याच्यावर उष्णता जमून राहिली नाहीं.

प्रयोग ८.— या चार रुप्याच्या वाद्या आहेत. तिन्हींवर वाहेरून तांबडा, हिरवा आणि काळा असे रंग लाविले आहेत. एक चकचकीत आहे. या चारीमध्ये हें थंड पाणी घालून निखान्यापासून सारख्या अंतरावर या शेंगडीच्या सभोंवार ठेवितों. कोणत्या वार्टींतलें पाणी गरम होतें तें पाहूं. यास कांहीं वेळ लागेल; तोंपर्यंत तुम्हास एक दुसरा प्रयोग सांगतों.

प्रयोग ९.— ही एक फळी तांबड्या रंगानें रंगविलेली आहे. हिजवर हा सोनेरी वर्खाचा कातरलेला ५३५ आकडा चिकटविला आहे. आता ही फळी या विस्तवाजवळ धरितों. पहा, तांबडा रंग काळा होत चालला, व सर्व बाजू उष्णतेनें जशी काय भाजून गेली. परंतु सोनेरी वर्खातून उष्णतेचे किरण खर्चीत शिरले नसतील. आतां सोनेरी वर्ख काढून पाहूं. पहा, त्याखालील तांबडा रंग आहे तसा आहे. काळ्या रंगात तांबडों अक्षरें स्पष्ट दिसतात. यावरून

उष्णतेचे किरण धातूच्या अगदी पातळ पत्र्यातून सुद्धा शिरत नाहीत. याकरिता विसर्जकउष्णतेचे शोषण न होण्याकरिता धातूच्या अगदी पातळ पत्र्याने जरी पदार्थ मढविला तरी बस होईल.

आतां मागील प्रयोगांत पाणी थंड होत होतें व कित्येकांत उष्ण होत होतें त्यांजकडे पाहू. या रुप्याच्या, कांचिच्या व चिनी मातीच्या (प्रयोग २) भांड्यांतील पाण्यांत बोट घालूं. पहा, रुप्याच्या वाटींतलें पाणी कढत आहे. परंतु कांच व माती याच्या पेल्यातलें पाणी पुष्कळ निवालें. रंगिवलेल्या वाट्यांतलें पाणी पाहू. (प्रयोग ३) पहा, रंगित वाट्यातलें पाणी थंड झालें. परंतु चक्रचकीत वाटींतलें पाणी गरम आहे. या काळ्या फडक्याने लपेटलेल्या भांड्यातलेंही पाणी थंड झालें. चक्रचकीत वाटींतलें गरम आहे. बरें, या चार वाट्या थंड पाण्याच्या शेगडीपार्शी ठेविल्या. त्यांतलें पाणी गरम झालें आहे कीं काय तें पाहूं. (प्रयोग ८) पहा, चक्रचकीत वाटींतलें पाणी अगदीं थंड आहे. परंतु तिन्ही रंगित वाट्यांतलें पाणी गरम झालें.

यावरून असे स्पष्ट सिद्ध झालें कीं, चक्रचकीत धातूंपासून उष्णतेचे किरण कांकत नाहीत झणजे विसर्जन पावत नाहीत; व बाहेरील विसर्जक किरण आंत शिरत नाहीत, याचें कारण वर सांगितलेंच. त्यांवर जे किरण पडतात ते परावर्तन पावतात. आतील किरण बाहेर जात नाहीत याचेंही कारण बहुतकरून तेंच असेल. जेव्हां उष्णतेचे किरण चक्रचकीत पृष्ठभागाच्या आतील बाजूपार्शी येतात, तेव्हां तेथून ते उलट आंतच परावर्तन पावत असावे. असो. चक्रचकीत व साफ गुळगुळीत पदार्थ मढविसर्जक व मंदशोषक असतात. धातू-

घाच पृष्ठभाग मजित व खरबरीत असला, द्यगजे त्यांतून किरण आंत शिरतात व बाहेरही जातात म्हणजे ते शीघ्रशोषक व शीघ्रविसर्जक असतात. जे पदार्थ उत्कृष्ट परावर्तक असतात ते मंदशोषक व मंदविसर्जक असतात. या गोष्टी मागील प्रयोगांवरून सिद्ध झाल्या.

२४८. उष्णता विसर्जनाविषयींचे नियम.— विसर्जनाविषयीं जे नियम तुम्हांस मागील प्रयोगांवरून समजले ते पुनः सांगतो; ते लक्षांत ठेवा.

(१). उष्णतामान समान असले तरी निरनिराळ्या पदार्थांपासून निरनिराळ्या मानाने उष्णता फांकते.

(२). पदार्थांपासून उष्णताविसर्जन सर्व दिशांनीं सारखे होते.

(३). उष्णतेचे किरण सर्वदां सरळ रेषांनीं विसर्जित होतात.

(४). हवेत ज्याप्रमाणे उष्णतेचे विसर्जन होते त्याप्रमाणेच निर्वातस्थळींही होते.

(५). पदार्थांच्या उष्णतामानाप्रमाणे विसर्जित उष्णतेचे मान असते.

(६). विसर्जित उष्णतेचे उष्णतामान अंतराच्या वर्गाच्या उलट प्रमाणांत असते.

यांपैकीं शेवटल्या तीन नियमांच्या सत्यतेविषयीं आणखी दोन प्रयोग दाखवितों ते पहा.

प्रयोग १०.— या माहकाच्या या भोंकात बुचाच्या योगाने हे उष्णतामापक बसवितों. हा माहक वाताकर्षकाच्या तबकडीवर लुकणाने

वसवितों आणि रिता करितो. ग्राहकाजवळ हा लाल भडक लोख-
ढी गोळा धरितों. पहा उष्णतामापकातील पारा चढला काच मदवा-
हक आहे. यामुळें कांचेंतून उष्णता उष्णतामापकास वहनानें पोंचली
नाहीं यावरून उष्णतामापकास उष्णता पोंचली, ती विसर्जनानें पों-
चली यांत संशय नाहीं. मात्र गोळा लालभडक असला पाहिजे. कार-
ण प्रकाशहीन असे उष्णतेचे सर्व किरण कांचेंतून पार जात नाहींत

प्रयोग ११.— या बैठकीवर ही चौकोनी पेटी ठेवून तिजमध्ये
हें ९०° फा. उष्णतामानाचे पाणी घालतों. येथें हें भेदोष्णमापक
ठेवून किती द्रव खालीं जातो तें पाहूं. ५° खालीं गेला. आता हे
पाणी ओतून हें दुसरें १२०° उष्णतामानाचें पाणी पेटींत घालून
त्याच ठिकाणीं भेदोष्णमापकात किती द्रव खालीं जातो तें पाहूं.
पहा ८° खालीं गेला. आता हें पाणी ओतून हें १५०° उष्णता-
मानाचें पाणी पेटींत भरतों. पहा, उष्णतामापक आता पूर्वापेक्षां जास्त
चढलें. तें बारा अंशावर आहे. आता हें उष्णतामापक दुप्पट अंतरा-
वर नेतों. पहा द्रव तीन अंशापर्यंत चढला. तिप्पट अंतरावर
नेतों. पहा आतां द्रव. तो १° च्या काहीं खाली आहे यावरून
जसजसे उष्णतामापक अधिकाधिक अंतरावर न्यावें, त्याप्रमाणें वि-
सर्जित उष्णतेचें उष्णतामान कमी कमी होते; व तें अंतराच्या वर्गा-
च्या उलट प्रमाणात असतें. जेव्हा अंतर दुप्पट झालें तेव्हा चौपट
उष्णतामान कमी झालें.

हा नियम भूमितीच्या सिद्धांतास अनुसरूनच आहे. भू-
मितीचा सिद्धांत असा आहे कीं, गोलाचें क्षेत्रफळ त्याच्या
त्रिज्येच्या वर्गाच्या प्रमाणात असतें. जर एका गोलाची त्रि-
ज्या त असेल आणि दुसऱ्याची २त असेल, तर दुसऱ्याचें
क्षेत्रफळ पहिल्याच्या चौपट होईल. ज्या पदार्थापासून उष्णता
विसर्जित होते, त्यापासून एक फूट अंतरावर एकादा पदार्थ अस-
तां त्याचें काहीं उष्णतामान विसर्जित उष्णतेनें चढतें. आता

तोच पदार्थ दोन फूट अंतरावर नेला, तर त्यांचे उष्णतामान पूर्वीच्या चवथा हिस्सा चढेल. कारण, विसर्जित झालेली उष्णता पूर्वीच्या चौपट पृष्ठभागावर आता पसरते. म्हणून त्या मानाने तिचा जोर कमी होतो आणि जितके पटीने पृष्ठभाग वाढला तितक्या पटीने उष्णतेचा जोर कमी होतो.

२४९. उष्णतेच्या परावर्तनाविषयी नियम.— उष्ण पदार्थापासून विसर्जित झालेले उष्णतेचे किरण ज्यांवर पडतात ते पदार्थ त्यास शोषण करितात, किंवा त्यांपासून किरण परावर्तन पावतात, हे मागे दाखविले. कोणत्या नियमांनी हे परावर्तन घडते ते पाहू.

या बैठकीवर ही कढत पाण्याने भरलेली लकलकीत चौकोनी पेटी अ आहे, व त्यासमोर हा काळा पडदा क आहे. काळ्या पडद्यावर जे किरण पडतात ते सर्व शोषले जातात व त्यामधून किरण दुसऱ्या बाजूस जात नाहीत. परंतु पडद्यास हे एक लहान भोक अ आहे, त्यातून काही किरण पलीकडे जातात व ते या चकचकीत ब पऱ्यावर पडतात. या पऱ्याच्या पलीकडे हे भेदोष्णमापक ठेवून त्याच्या एका फुग्यावर पऱ्यापासून परावर्तन पावलेले किरण घेऊं. पहा, तो फुगा असा या ब ड रेषेत ठेवावा लागला. हे अ ब किरण पऱ्यावर पडले ते असे या ब ड रेषेने परावर्तन पावले. या ब बिंदूतून पऱ्यावर लव काढिला, तर पहा अ ब क आणि क ब ड हे दोनही कोन बरोबर आहेत. (आ. २७५ पहा). या अ ब किरणास पतनकिरण म्हणतात. आणि या ब ड किरणास परावर्तनकिरण म्हणतात. तसेच या अ ब क कोनास पतनकोन म्हणतात, आणि या क ब ड कोनास परावर्तनकोन

म्हणतात. उष्णतेच्या परावर्तनाचा सर्वसाधारण नियम असा आहे. परावर्तनकोन नेहमी पतनकोनाबरोबर असतो.

२५०. गोलांतरपरावर्तकांपासून उष्णतेचे परावर्तन.— गोलांतरपरावर्तक कढईसारखे खोलगट असून पृष्ठभाग गोलाच्या कवचीसारखा वक्र असतो. वर सांगितले की, चक्रचक्रीत पृष्ठभागावर उष्णतेचे किरण पडले तर परावर्तकाच्या पातळीवरील लंबाशी पतनकोनाएवढा परावर्तनकोन करून किरण परावर्तन पावतात. गोलांतरपरावर्तक हे एकमेकांकडे अधिकाधिक कललेल्या अशा अनंत पातळ्याचे बनलेले असतात. यामुळे जेव्हा अशा परावर्तकांवर समांतर किरण पडतात, तेव्हा त्यांचे दोहों बाजूनी पतनबिंदूस्थळीच्या पातळीवरील लंबाशी जे पतनकोन होतात ते अधिकाधिक मोठे होत जाऊन शेवटी परावर्तकाच्या आसाच्या अ ब पातळीत पतनकोन काटकोनाबरोबर होतो. पतनकोनांबरोबर परावर्तनकोन असतात. यामुळे परावर्तनकोनही दोहोंकडून असेच मोठमोठे होत होत आसावर परावर्तनकोन काटकोनाबरोबर होतो. येणेकरून परावर्तनरेषा कमी कमी कलल्या होत जातात व यामुळे त्या सर्व एका क बिंदूत मिळतात. (आकृति २७६ पहा). म्हणजे परावर्तकावर पडलेले जे किरण परावर्तन पावतात ते या स्थळी एकत्र होतात व यामुळे तेथे अत्यंत उष्णता असते. या बिंदूस केंद्र असे म्हणतात व या केंद्रांत परावर्तकावर पडलेले सर्व किरण एकत्र होतात. गोलांतर आरशांच्या केंद्राविषयी विशेष माहिती प्रकाशशास्त्र शिकतेवेळीं समजेल. आज त्याविषयी थोडेंसे दिग्दर्शन केले आहे. आतां असले हे दोन आरसे

घेऊन यांच्या परावर्तक शक्तीविषयी कांहीं प्रयोग दाखवितों.

प्रयोग १२.— हे दोन अ, ब परावर्तक बैठकीवर बसविलेले आहेत. हे दोनही असे समोरासमोर म्हणजे दोहोंचे आस एका रेषेत येण्याजोगे दाहा हाताच्या अंतरावर ठेवितों या एकाच्या म्हणजे या अ परावर्तकाच्या न केंद्रात हा लोखंडी लालभडक केलेला गोळा या बैठकीवर ठेवितों; आतां या दुसऱ्या बैठकीवर दुसऱ्या ब परावर्तकाच्या केंद्रात हा फास्फरसाचा तुकडा ठेवितों (आ. २७७ पहा). पहा तो इतक्यात पेटला. कारण, तप्त गोळ्यापासून विसर्जित झालेले किरण जवळच्या अ परावर्तकावर पडून नंतर त्यापासून समांतर रेषानी समोरच्या ब परावर्तकावर पडतात. ते त्यापासून परावर्तन पावून त्याच्या म केंद्रात एकत्र होतात, व तेथेकरून ज्वालाभाही फास्फरस तत्काळ पेटला ही बैठक काढून या बच्या केंद्रांत हा उष्णतामापकाचा फुगा धरितों. पहा, पारा एकदम चढला. बरें, त्या ठिकाणीं तुमचें बोट धरा. पहा, तेथच्या अत्यंत उष्णतेनें तें भाजून जाऊ लागलें !

प्रयोग १३.— परावर्तकावर सूर्याचे किरण लंब घेतले तर हाच प्रकार घडतो आतां उन्हात हा परावर्तक असा सूर्याचे किरण लंब त्यावर पडण्याजोगा ठेवतों. आता ते परावर्तन पावून केंद्रात एकत्र होतील. आतां या केंद्रांत चिमथ्यानें हा कागद धरितों (आ. २७८). पहा, तो धुमू लागून पेटला ! गोवरीचें खाड धरितों. पहा तेही धुमू लागले ! आतां हे बूच धरितों. पहा तेही धुमू लागलें !

प्रयोग १४ — प्रकाशाचे किरण जाड अशा पारदर्शक पदार्थातून पार जाताना जसें त्यांचें वक्रीभवन होतें, तसें उष्णतेचे किरणही जाड पदार्थातून पार जाताना वक्रीभवन पावतात. या वक्रीभवनाविषयी प्रकाशशास्त्र शिकवितेवेळीं सागेन आज त्याविषयी एक प्रयोग मात्र दाखवितों. हें एक दोहों बाजूनी गोलबाद्य भिंग आहे यात इंग्रजीत **थ्यार्मिफाईंग ग्लास** म्हणतात व मराठीत **रविकांत म्ह-**

णतात पहा, हें या अक्षरावर धरिलें, तर अक्षरें केवढीं मोठीं दिसतात ! हें सूर्याच्या किरणांत धरून वेतानें वर खालीं करितों. पहा, जमिनीवर सतेज आणि प्रज्वलित रवीच्या कातीप्रमाणे कवडसा पडला. हें केवळ त्यामधून प्रकाशाचे व उष्णतेचे किरण पार जातांना वक्रीभवन पावून, वक्रीभवन पावलेले किरण केंद्रांत एकत्र झाल्यानें पडलें आहे. या कवडशात तुम्हीं आपलें बोट घरा. पहा, कसा चटका वसतो ! यात हा कागद धरितों. पहा तो पेटला ! आतां गोवरीचें खाड धरितों पहा तेंही धुमूं लागून पेटलें ! आता ही गवताची पेंढी धरितों पहा, कवडशाच्या ठिकाणीं धुमूं लागली व इतक्यात पेटून जाळ झाला !! उष्णतेचे किरण या काचेंतून पार जाताना वक्रीभवन पावून केंद्रात एकत्र होतात, म्हणून त्याठिकाणीं अत्यंत उष्णता अनुभवास येते.

२५१. निरनिराळ्या पदार्थांची परावर्तक शक्ति.-

आतां निरनिराळ्या पदार्थांची परावर्तक शक्ति कशी पहावी तें सांगतों. येथें हा परावर्तक ठेवून त्यासमोर या बैठकीवर ही चौकोनी धातूची पेटी कढत्या पाण्यानें भरून ठेवितों. येणें-करून पेटीपासून फाकलेले जे किरण परावर्तकावर पडतील, ते परावर्तन पावून केंद्रांत एकत्र होतील. या केंद्राच्या समोर जवळच कागद, कांच, धातु वगैरे यांचे पत्रे धरितों. येणेंकरून केंद्रांत येणारे किरण या पत्र्यावर पडून तेथून पुनः परावर्तन पावतील. (आ. २७९). असे परावर्तन पावलेल्या किरणांत भेदोष्णमापकाचा फुगा धरिला, म्हणजे त्यावरून किरणाचें निरनिराळें उष्णतामान समजेल. आता हा पितळेचा चकचकीत पत्रा धरितों. पहा, उष्णतामापकांतोळ किती द्रव उतरला ! आतां रुप्याचा पत्रा धरितों. पहा, पूर्वीच्याहून कमी द्रव उतरला. आतां हा कथिलाचा पत्रा धरितों. त्या-

हून कमी द्रव उतरला. आता कांच धरितो. फारच कमी उतरला. हा काजळाने मढविलेला कागद धरितो. पहा, बहुतेक मुळीच उतरला नाही. याप्रमाणे प्रयोग करून निरनिराळ्या पदार्थांच्या परावर्तक शक्ति पंडितांनी काढिल्या आहेत, त्या सांगतो.—

| | | | |
|----------|-----|------------|----|
| पितळ... | १०० | शिसें | ६० |
| रुपें... | ९० | कांच | १० |
| कथील... | ८५ | तेलकट कांच | ५ |
| पोलाद... | ७० | काजळ | ० |

२५२. विसर्जक व शोषक शक्ति.— निरनिराळ्या पदार्थांच्या शोषक आणि विसर्जक शक्ति कशा असतात याविषयी पूर्वी काहीं प्रयोग दाखविलेच. त्या शक्ति या परावर्तकाच्या योगाने त्याहून चांगल्या समजतात. या परावर्तकापुढे समोर हा धातूचा डबा ठेवितो व त्यांत हें ताजे कढत पाणी भरतो. परावर्तकावर जे किरण पडतील ते परावर्तन पावून या केंद्रांत एकत्र होतील. या केंद्रांत भेदोष्णमापकाचा फुगा सोन्याच्या वर्खाने मढवून धरितो. (आ. २८० पहा). फारसा द्रव उतरला नाही. आता फुगा काळा करून धरितो. पहा फार द्रव उतरला. यावरून सोन्याच्या वर्खावर किरण पडले ते शोषण झाले नाहीत आणि काळ्या पृष्ठभागावर पडलेले शोषण झाले. याप्रमाणे फुगा निरनिराळ्या धातूच्या वर्खाने व दुसऱ्या रंगाच्या कागदांनी वगैरे मढवून शोषणशक्ति काढितात. तसेच फुगा स्वच्छ ठेवून धातूच्या डब्याची परावर्तकासमोरील बाजू निरनिराळ्या पदार्थांनी मढवून त्यातून कसकसे उष्णतेचे विसर्जन होते व द्रव कसकसा उतरतो ते

पाहून विसर्जकशक्ति काढितात. विसर्जक व शोषकशक्ति नेहमी समान असतात.

२५३. ज्याप्रमाणे प्रकाशाचे किरण कित्येक पदार्थांतून पार जातात आणि कित्येकांतून पार जात नाहीत, त्याचप्रमाणे उष्णतेचे किरणही कित्येकामधून पार जातात, व कित्येकांतून पार जात नाहीत. धातूमधून जसे प्रकाशाचे किरण पार जात नाहीत तसे उष्णतेचे किरणही जात नाहीत. जसे शुद्ध कांचेतून प्रकाशाचे किरण पार जातात, तसे सैंधवाच्या पत्र्यातून उष्णतेचे किरण सर्व पार जातात. परंतु कांचेतून उष्णतेचे किरण फारच थोडे पार जातात. उष्णतेचे समकाश किरण असले, तर त्यांपैकी काहीं कांचेतून पलीकडे जातात. परंतु प्रकाशहीन असे उष्णतेचे किरण कांचेतून मुळीच जात नाहीत. सूर्याचे उष्ण किरण कांचेतून जितके पार जातात, तितके दिवा किंवा दुसरा सतेज आणि तप्त अशा पदार्थांचे किरण पार जात नाहीत. आणि कढत्या पाण्याने भरलेल्या चौकोनी डब्यापासून विसर्जित झालेले किरण कांचेतून बहुतेक मुळीच जात नाहीत. पाण्यांतून सूर्याचे किरण काहीं जातात, परंतु प्रकाशहीन किरण बिलकूल जात नाहीत. तुरटी प्रकाशास पारदर्शक आहे. परंतु उष्णतेच्या किरणास अगदीं अपारदर्शक आहे. एक दशांश इंच जाडीच्या कित्येक पदार्थांच्या पत्र्यांतून आरगंड दिव्याच्या उष्णतेचे किरण शेंकडा किती पार जातात तें या कोष्टकात दिलें आहे.

| | | | |
|------------------------|----|-------------|----|
| सैंधव (राकूसाळ्ट)... | १२ | तुरटी..... | १२ |
| कांच..... | ६२ | मोरचूद..... | ० |
| गार..... | ५७ | | |

निरनिराळ्या प्रकारच्या उष्णतेचे किरण कसे पार जातात ते या कोष्टकात दिले आहे.

| पदार्थांचे नांव. | ७५०° फा. उ- २१२° फा. | |
|----------------------------|--|---|
| | साधारण दि- व्याच्या उष्ण- तेचे किरण. | ष्णमानाच्या ता- ब्यापासून नि- घालेले उष्ण- तेचे किरण |
| सैंधव (राकसाल्ट). | ९२ | ९२ |
| चित्रखनिज (क्लुअरस्पार). | ७८ | ४२ |
| कांच. | ३९ | ६ |
| तुरटी. | ९ | ० |

भरींच पदार्थांत सैंधवांतून मात्र उष्णतेचे सर्व जातींचे किरण पार जातात. कांचेंतून सप्रकाश उष्णतेचे मात्र कांहीं किरण जातात. प्रकाशहीन किरण मुळींच जात नाहींत.

भरींच पदार्थांतून जसे उष्णतेचे किरण निरनिराळ्या मानानें पार जातात, त्याप्रमाणें वायूंतूनही निरनिराळ्या मानानें उष्णतेचे किरण पार जातात. आक्सिजन, नैत्रोजन, हैद्रोजन आणि दुसरे एकाकी वायु यामधून उष्णतेचे किरण पार जातात. परंतु सयुक्त वायूंतून तसे पार जात नाहींत. आक्सिजन, हैद्रोजन आणि नैत्रोजन यामधून शेंकडा ९९ किरण पार जातात. परंतु तैलवायूंतून शेंकडा सारे १९ किरण पार जातात. वायूमध्ये ज्या मानानें पाण्याची वाफ मिसळलेली असेल, त्या मानानें त्यामध्ये उष्णतेचे किरण शोषले जाऊन फार कमी किरण त्यामधून पार जातात. अगदीं शुष्क म्हणजे कोरड्या हवेतून जिनके किरण पार जातात, त्याच्या तेरावा हिस्सा आर्द्रता असलेल्या हवेतून पार जातात. याचा अर्थ हा कीं, कोरड्या हवेच्या

तेरापट आर्द्र हवेंत उष्णतेचे किरण शोषले जातात. जसजसा वायु जास्त विरल झणजे पातळ असेल, त्याप्रमाणें त्यांमधून जास्त किरण पार जातात आणि फार थोडे शोषले जातात. अगदीं निर्वातप्रदेशातून सर्व किरण पार जातात आणि मुळींच शोषले जात नाहींत. समकाश उष्णतेचे किरण जेवढे वायूमधून पार जातात, त्यापेक्षा प्रकाशहीन उष्णतेचे किरण फार थोडे पार जातात.

कोरड्या हवेंतून उष्णतेचे किरण शोषण न होता सर्व पार जातात. हा हवेचा धर्म उच प्रदेशाच्या थंडीस पुष्कळ कारणीभूत होतो. जे सूर्याचे किरण उच प्रदेशाच्या हवेंतून जातात, त्यांचें तेथल्या शुष्क आणि विरल हवेंत काहीं शोषण होत नाहीं. उच प्रदेशाच्या हवेंत पाण्याची वाफ फार असत नाहीं, म्हणून तेथें आपल्या आंगावर जे सूर्याचे किरण पडतात त्यांचा चटका बसतो. परंतु तेथची शुष्क व विरल हवा शीतच राहते. वरून जसजसे किरण खालीं येतात तसे ते विरल हवेंतून दाट हवेंत शिरतात, आणि दाट हवेंतून विरल हवेप्रमाणें सर्व किरण पार जात नाहींत, यामुळें ती उष्ण होते. तसेंच सूर्यास्तानंतर पृथ्वीपासून जी उष्णता विसर्जित होते ती प्रकाशहीन असते; आणि ती पृथ्वीजवळच्या दाट व आर्द्र हवेंतून जात असतां तिचें बहुतेक शोषण होऊन उंच प्रदेशीं फार थोडो पोचते.

येथील टाउनहालच्या रमणीय बागेंत एक कांचेच्या छपराचें घर व छोट्या झाडांवर घालण्याचे छोटे कांचेचे कदील तुम्हीं पाहिले आहेत; व त्यांविषयीं तुम्हीं मला अनेक वेळां विचारिलेही आहे. आतां त्यांचा उपयोग तुम्हांस चांगला समजला असेल.

हैं तुझांस समजलेंच आहे कीं, काचेंतून प्रकाशाचे किरण पार जातात, तसे समकाश उष्णतेचे काहीं किरण पार जातात. परंतु प्रकाशहीन उष्णतेचे किरण काचेंतून मुळींच पार जात नाहींत. सूर्याचे समकाश उष्ण किरण असतात, त्यांपैकी बऱ्याच किरणांचा काचेंतून प्रवेश होतो. परंतु पृथ्वी उष्ण होऊन तिजपासून जे उष्णतेचे किरण विसर्जित होतात, ते प्रकाशहीन असतात म्हणून त्यांचा काचेंतून प्रवेश होत नाहीं. यामुळे काचेच्या आच्छादनांतून एकंदरीत समकाश उष्णतेचाही कमी प्रवेश होतो आणि प्रकाशहीन उष्णतेचा मुळींच होत नाहीं. तसेंच आंतील उष्णता प्रकाशहीन असल्यामुळे तीही बाहेर जात नाहीं. येणेकरून काचेच्या घरांत बेताची उष्णता राहून झाडे चागलीं वाढतात. राकआइलचा किंवा आर्गंड दिवा मोकळा असला, ह्मणजे तितकी उष्णता विसर्जित होते तितकी त्यांवर चिमणी असल्यावर होत नाहीं. तसेंच मोठ्या विस्तवाजवळ उभें राहणें झाल्यास मध्ये काचेचा पडदा धरितात. म्हणजे काचेंतून आंतील अग्नि व त्यावर कांहीं चालविलेली क्रिया स्पष्ट दिसतात. परंतु काचेंतून सर्व किरण बाहेर येत नसल्यानें उष्णता फार लागत नाहीं.

२५४. व्यवहारांत उपयोग.— आतां या विसर्जक शक्तीच्या सबधानें कांहीं व्यवहारांतल्या गोष्टी सांगतो. मघा पाहिलेंच कीं, चकचकीत व जिल्हईदार भांडीं असलीं, ह्मणजे त्यांत उष्णता लवकर शिरत नाहीं, व बाहेरही जात नाहीं. म्हणून ज्यांत पदार्थ गरम ठेवणें असतील, तीं भांडीं चकचकीत असावीं. याकरितां युरोपियन लोकांचीं जेवणाचीं भांडीं रुप्याचा मुलामा दिलेलीं चकचकीत असतात. कारण तशा

भाड्यातून उष्णत विसर्जित होत नाही; ह्मणून पदार्थ फार वेळ गरम रहातात. तसेंच गार पाणीही चकचकीत भाड्यात, मजिद किंवा रंगित भाड्यापेक्षां अधिक वेळ गार राहिल. गरम चहा रुप्याच्या वाटींत घेतल्यास तो लवकर निवत नाही. परंतु चिनीपेच्यात त्याच्या शीघ्रविसर्जकत्वामुळे लवकर तो निवतो. याचकरिता ज्या चहादाणींत चुलीवर चहा करितात, त्यांतून दुसऱ्या चकचकीत धातूच्या चहादाणींत तो ओतून घेतात. येणेकरून तो लवकर न निवता फार वेळ गरम राहतो. परंतु ज्यांत चहा करणे, किंवा दुसरा पदार्थ उन करणे असेल त्याचे बूड काळे असणे इष्ट आहे. कारण काळ्या व खरबरीत पृष्ठभागांतून उष्णतेचे खूब शोषण होतें. ह्मणून स्वयंपाक करण्याची किंवा पाणी तापविण्याची भांडी काळीच असावी. याकरिता आमचे लोक स्वयंपाक करण्याच्या भाड्यांस राख लावितात, तेणेकरून फक्त भांडें जळत नाही, इतकेच नाही तर उष्णतेचे शोषणही होण्यास साह्य होतें. जरी बहुतेक रंगाच्या पृष्ठभागानून उष्णतेचे विसर्जन व शोषण सारखेंच होतें, तरी त्यातही काळ्या रंगातून विशेष होतें; आणि काळ्या रंगात काजळातून शोषण व विसर्जन इतर सर्व पदार्थापेक्षां अतिशय होतें. लेस्लीसाहेबानें या विसर्जक शक्तीविषयी अनेक प्रयोग केले. त्यांवरून त्यानें काढलेल्या काहीं मुख्य पदार्थांच्या शोषक व विसर्जक शक्ति सागतों. पदार्थांपुढें जे हे आंकडे दिले आहेत ते उष्णता शोषण झाल्यानें जितके अश उष्णतामान वाढतें तें उष्णतामान दर्शवितातः—

| | | | |
|---------------------|------|---------------------------|-----|
| काजळ. | १००° | लकलकीत शिसें... | १९° |
| लिहिण्याचा कागद. | ९८° | जिल्हईदार लोखंड... | १५° |
| कांच..... | ९०° | कथिलाचा पत्रा..... | १२° |
| बर्फ. | ८७° | सोनें, रुपें व तांबें.... | १२° |
| मजिद झालेलें शिसें. | ४५° | | |

याकरितां जेथें उष्णता शोषण किंवा विसर्जन होणें असेल त्या पदार्थाचे पृष्ठभाग काळे असावे. ज्यात उष्णता रहाणे असेल ते चकचकीत असावे. बर्फ ठेवण्याकरितां नेहमी पाढरी चकचकीत फलानेल घेतात. कारण, त्यांतून उष्णता विसर्जन व शोषण अशीं दोन्ही कमी घडतात. एक बर्फाचा खडा काळ्या लोंकरींत व एक पांढऱ्या लोंकरींत असे ठेविले, तर काळीत तो लवकर वितळेल. कारण काळ्या पृष्ठभागांतून बाहेरील उष्णता अधिक शोषण होईल. या नियमावरून आगावर घेण्याचे कपडेही निरनिराळ्या रंगाचे असणें इष्ट आहे. जरी लोंकर मंदवाहक म्हणून शरीराछादनास उत्कृष्ट, तरी त्यांतही पांढऱ्या व इतर रंगांच्या लोंकरीच्या आंगां तिच्या भिन्न विसर्जक शक्तीमुळे निरनिराळे धर्म असतात. उन्हाळ्यात बाहेरील उष्णतेचें शोषण न व्हावें आणि हिवाळ्यात शरीरातील उष्णतेचें विसर्जन न व्हावें, या गोष्टी इष्ट असतात. या दोन्ही गोष्टींस पांढरा रंग उपयोगी असतो. चकचकीत पांढरा शुभ्र रंग असला म्हणजे त्यांतून विसर्जन व शोषण हे दोन्ही व्यापार फार सावकाश चालतील. मारवाडी शुभ्र धावळीनें जाड काळ्या सखलादीपेक्षां अधिक थंडी रहाते. काळ्या सखलादीचा आंगरखा घालून उन्हांत गेलें असतां तो लवकर तापून कढत होतो. तितका पांढऱ्या झालेलाचा

किंवा पांढऱ्या धाबळीचा कपडा तापत नाही. याकरिताच उन्हाळ्यांत लकलकीत अशा सैनाचा आंगरखा घातला म्हणजे तो गरम होत नाही. कारण त्यावर जे किरण पडतात त्यांचे परावर्तन होतं. सैनाइतकें परावर्तन शुभ्र खादीतून होत नाही कारण तिचा पृष्ठभाग खरबरीत असतो. उन्हाळ्यांत काळ्या कापडाची छत्री घेतली, तर काळा अभ्रा लवकर तापून त्यातून उन्हाची झळ लागू लागते. याकरितां लोक त्यावर जगन्नाथीचा शुभ्र अभ्रा घालतात. येणेंकरून किरण परावर्तन पावून तो तापत नाही. सारांश, पांढराशुभ्र रंग कांहीं परावर्तक असल्यामुळे थडी व उष्णता या दोहोंपासूनही त्यानें अधिक बचाव होतो. पांढरा घोडा इतर रंगांच्या घोड्याइतका उन्हांनें तापत नाही. ध्रुवाकडील थंड प्रदेशांतील जनावरांच्या आगावर शुभ्र लोंकर असते. आम्ही रंगित पागोट्यावर पांढरें धोतर बांधलें म्हणजे किंवा सोहेबलोक आपल्या काळ्या टोप्यावर पांढरा कपडा बांधतात त्यानें उन्हापासून कमी त्रास होतो. यासारखीं आणखी उदाहरणें अनेक दाखवितां येतील; परंतु तीं तुमचीं तुम्हांस आतां समजतील. याकरितां विशेष न सांगता या विसर्जक शक्तीनें पर्जन्य व दाहिवर पडण्यास केवढें साह्य होतें तें सांगून विसर्जन प्रकरण आटपितों.

२५५. पाण्याच्या वाफेची शोषक व विसर्जक शक्ति.— प्रोफेसर टिंडाल हा महान् सृष्टिशास्त्रवेत्ता हल्लीं इंग्लंडांत आहे. या पंडितानें उष्णताशास्त्राविषयीं आलीकडे अनेक नवीन शोध केले आहेत. हा शास्त्रवेत्ता विल्यानेंतील रायल इन्स्टिट्यूशन नामक विद्यालयातील सृष्टिशास्त्राचा गुरु आहे. या विषयावर याचीं व्याख्यानें

दरसाल जानेवारीपासून जून महिन्यापर्यंत होतात. या विद्यालयांत पृथ्वीवरील सर्व प्रकारच्या यंत्राचा संग्रह असल्याने तेथील यांचीं समयोग व्याख्यानें फारच मनोहर व बोधपर असतात. आपला विद्याभ्यास पुरा होण्यास युरोप पहाणे ही गोष्ट अवश्य आहे, व तसा प्रसंग ज्यास येईल त्याणीं या सहा महिन्यांपैकीं काहीं महिने तरी लंडन शहरां घालवून या महापंडितांचीं व्याख्यानें ऐकण्याची व त्याचे प्रयोग पहाण्याची सधी दवडूं नये अशी विनंति आहे. असो. याच्या अनेक नवीन शोधांपैकींच निरनिराळ्या वायूची विसर्जक शक्ति हा एक आहे. त्यांपैकीं पाण्याच्या वाफेच्या विसर्जक शक्तीविषयीं थोडेंसें सांगतो.

पाण्याच्या वाफेच्या आंगीं उष्णता शोषक व विर्जक या शक्ति फार आहेत. पृथ्वीवरील पाण्यांतून बाष्पभवनानें वाफ होऊन ती सतत हवेत मिसळत आहे; व ती वर जाऊन शीत होते व नंतर मेघ, पर्जन्य, धुकें, हीम वगैरे रूपानों पृथ्वीवर पुनः येते. यामुळें एकदरींत हवेमध्ये पाण्याची वाफ थोडीच राहते परंतु त्या वाफेच्या विसर्जक व शोषक शक्तींपासून सृष्टींत अनेक कार्ये होत आहेत. पाण्याची वाफ ज्याप्रमाणें अतिशय उष्णता शोषण करिते त्याप्रमाणें तिजपासून अतिशय उष्णता विसर्जनही पावते. या वाफेच्या धर्मापासून उष्णकटिबंधांत विशेष कार्ये झालीं पाहिजेत. सूर्याच्या उष्णतेनें त्रिभुवृत्ताच्या दोहों बाजूच्या समुद्रांतून अतिशय वाफ वर जाते आणि थेट सूर्याखालीं शांत वाऱ्यांच्या प्रदेशीं या वाफेच्या थिजण्यापासून अतिशय पर्जन्य पडतो. हा पर्जन्य पडण्यास मुख्य कारण वाफेचें उच्च प्रदेशीं शीत होणें असें आजपर्यंत मानीत

असत. हें काहीं अशीं वाफेच्या थिजण्यास साह्यभूत होतें, यात संशय नाहीं. परंतु वाफेपासून विसर्जनानें जी उष्णता जाते त्यानेंही वाफेच्या थिजण्यास पुष्कळ सहाय्य होतें. अशी कल्पना करा कीं, वाफेनें भरलेला असा एक हवेचा स्तंभ वि. पुववृत्तावरील समुद्रापासून वर जात आहे. हा स्तंभ पुष्कळ वर जाईपर्यंत याच्या सभोंवार वाफेनें जास्त कमी भरलेली अशी हवा असते. यामुळे स्तंभातील वाफेपासून जी उष्णता विसर्जनानें जाते, ती आसपासच्या वाफेंत जाऊन तिजपासून पुनः विसर्जनानें स्तंभातील वाफेंत येते. यामुळे स्तंभातील वाफेपासून उष्णताविसर्जन वस्तुतः फारसें घडत नाहीं. यामुळे वाफ शीत होणार नाहीं. परंतु मीं तुम्हांस मागें सांगितलेंच आहे कीं, हवेतील वाफेचें मान उंचीप्रमाणें कमी होत जातें. यामुळे अति उच प्रदेशां हवा इतकी थड होत असते कीं, तींत वाफ मुळींच राहू शकत नाहीं. याकरितां वाफेनें भरलेला हवेचा स्तंभ वर जाऊन वाफहीन हवेंत गेला, झणजे तेथें तींतील उष्णतेच्या विसर्जनास प्रतिबंधक वाफ नसल्यामुळे तेथें शुद्ध अवकाशांत जोरानें विसर्जन चालून वाफ शीत होऊन थिजते व ती मेघ व पर्जन्य या रूपांनीं खालीं येते. उष्णकटिबंधात तेथील उष्णतेनें बाष्पभवन जोरानें चालतें व तेथील वाफेनें भरलेले हवेचे स्तंभ खूब वेगानें वर जातात. म्हणून त्या प्रदेशांत पुष्कळ पर्जन्य पडतो. तुम्हीं कांतीव कापसासारखे पाठरे ढग काळे होतांना पुष्कळ वेळ पाहिले असतील. हे ढग वाफरहित हवेच्या प्रदेशां असले झणजे त्यापासून उष्णता भरारां विसर्जित होऊन ते थिजून काळे होतात व शेवटीं पर्जन्य रूपांनें खालीं कोसळतात. परंतु जोपर्यंत वाफमिश्रि-

त हवेंत ते असतात तोंपर्यंत त्यांपासून विसर्जन घडत नाही. मार्गे पर्वताच्या सान्निध्याने जो ठग कोसळण्याचा प्रकार सांगितला त्याचेंही बीज हेंच. पर्वताच्या बाजूवर वाफेने भरलेली हवा थडकली, झणजे ती खरित वाफहीन प्रदेशीं जाऊन तेथें विसर्जन त्वरेने घडून वाफ थिजते. नीच प्रदेशीं सभोंवार वाफेचें आवरण असतें, व तेणेंकरून विसर्जनास प्रतिबंध होतो. परंतु या आवरणाच्या पलीकडे वर वाफ गेली, झणजे विसर्जन अगदीं अप्रतिबंधित चालून वाफ लवकर थिजते.

असो. पृथ्वीवर सूर्याच्या उष्णतेने पाण्याची वाफ होऊन व ती सर्व मोलावर वाऱ्यांच्या योगाने पसरून जें तिचें आवरण बनतें, त्याच्या योगाने पृथ्वी व तिजवरील पदार्थ यापासून विसर्जन होण्यास प्रतिबंध होतो. याकरितांच सूर्य मावळल्यावर, आणखी वाफ हवेंत मिसळण्याचा प्रकार बदलतो, व उंच प्रदेशीं नवी वाफ जात नाही, म्हणून रात्र पडतांच तेथें असलेल्या वाफेतून व तेथच्या जमिनीतून विसर्जन भरारां चालून तेथचें उष्णतामान रात्री फारच उतरतें. यामुळे समुद्राच्या पृष्ठभागी दिवसाच्या व रात्रीच्या उष्णतामानांत ४।५ अंशांचें अंतर असल्यास उंच पर्वतांवर २०।२५ अंशांचें असतें. रात्री पृथ्वीपासून विसर्जन होण्यासही हवेंतील वाफ प्रतिबंध करिते. परंतु जर हवेंतील वाफ एकाएकी नाहीशी झाली, किंवा अतिशय कमी झाली, तर अगदीं दुसह अशी थंडी पडते. या दिवसांत (हिवाळ्यांत) ईशान्य वारा वहातो व तो जमिनीवरून येत असल्याने त्यात वाफ फार कमी असते. म्हणून या दिवशीं मुख्यत्वे सूर्यास्त होतांच शरीरे, वनस्पति व जमीन यांपासून उष्णताविसर्जन अप्रतिबंधित चालून अतिशय

थंडी पडते. मग ज्या प्रदेशीं हवेंत मुळींच वाफ नसते त्या प्रदेशीं रात्री थडी किती पडत असेल याची कल्पना करा ! मार्गे जे पर्जन्यहीन प्रदेश सहारा, अरबस्थान, इराण, तिबेट वगैरे सांगितले, त्या जागीं हवेंत वाफ अगदींच थोडी असते. म्हणून सूर्यास्त होताच जमिनीपासून उष्णताविसर्जन अगदीं अप्रतिबंधित चालून तिकडे नेहमी रात्री इतकी थडी पडते कीं, पाणी थिजतें व वनस्पति थंडीनें करपून जातात. याच कारणानें मुख्यत्वे त्या प्रदेशीं वनस्पति नसतात. सहारा मैदानांतील दिवसा वाळू तापून चहूंकडे विस्तवासारखी आग असते आणि रात्री अप्रतिबंधित विसर्जनामुळे बर्फासारखी थडी असते. सारांश, ज्या ज्या ठिकाणीं हवा कोरडी म्हणजे वाफहीन असेल, तेथे विसर्जन खूब जोरानें चालून शीतता अधिक उत्पन्न होईल. महाबलेश्वर बराच उंच असल्यामुळे तेथील हवेंत वाफ कमी असते. म्हणून तेथे हिंवाळ्यात रात्री इतकी थडी पडते कीं, तेणेंकरून तेथे सुद्धां कित्येक झाडे करपून जातात. एकंदरीत, पृथ्वीसभोवतार वाफमिश्रित हवेचें आवरण हें केवळ गरम कांबळ्याप्रमाणें आहे. मनुष्यास जितके कपडे अवश्य आहेत त्यांहून वनस्पतींस हें कांबळें अधिक जरूरीचें आहे. एक रात्र जर हें कांबळें नसेल, तर पृथ्वीवरील एकानेक झाड थडीनें करपून जाईल, व सकाळीं सर्व प्रदेश वृक्षहीन असा दिसेल; परंतु वाफ हा मध्ये पडदा असल्यानें त्यांतील उष्णता विसर्जन न पावतां त्यांचा बचाव होतो.

२५६. दहिंवर किंवा दंव.- हें तुम्हास समजलेंच आहे कीं, हवेमध्ये जास्त कमी नेहमी पाण्याची वाफ असते. ती उंच प्रदेशीं थिजून तिचे ढग बनतात आणि पर्जन्य पडतो.

हवेंतीलच वाफ दुसऱ्या एका रीतीने पृथ्वीच्या पृष्ठभागावर थिजून दाहिवर पडते, याविषयी सांगून विसर्जनप्रकरण आपटवितो.

हवेंतील वाफ शीघ्रविसर्जक आहे. परंतु तिच्या शंभर किंवा त्याहून अधिकपट आकाराच्या हवेंत ती मिसळली आहे. म्हणून हवेंतील वाफ नीच प्रदेशां थिजण्यास वाफ व हवा या दोहोंचे उष्णतामान उतरले पाहिजे. नीच प्रदेशां हवेंत पाण्याची वाफ पुष्कळ असल्यामुळे जमिनीवरची हवा विसर्जनाने लवकर शीत होऊ शकत नाही. म्हणून जमिनीवर जे दुसरे घनपदार्थ शीघ्रविसर्जक आहेत ते हवेपेक्षा अधिक थंड होऊन त्यांवर हवेंतील वाफ थिजून द्रवाच्या रूपाने पडते व त्यांपासून काहीशी वरती वायुरूपांत रहाते. दव पडण्याच्या उष्णतामानाविषयी सांगतांना पूर्वी जो प्रयोग दाखविला होता तोच प्रयोग पुनः करितो.

प्रयोग १५.— हा बर्फाचा तुकडा या कोरड्या काचेच्या पेल्यात टाकतो पहा, इतक्यात या पेल्याची बाहेरील बाजू मंद दिसू लागली. बाहेरील बाजूवर बोट फिरविले तर तें ओले होते. पेल्याची बाहेरील बाजू पुसून अगदी कोरडी केली होती. पेल्याच्या जाड बाजूतून बर्फाचे पाणी तर खचित बाहेर आले नाही. पहा, आतां तर पेल्याच्या बाहेरच्या आंगावर पाण्याच्या कणांचा थर जमला. आणखी काही वेळाने थेंब खाली पडू लागतील. आतां हा दुसरा पुसून कोरडा केलेला पेल्या घेऊन त्यात हे बर्फ वितळून पाणी झालेले ओतितो. पहा, त्याची बाहेरील बाजूही ओली झाली हा प्रयोग तर तुमच्या हातून पिण्याकरितां गार पाणी कोरड्या पंचपात्रीत ओततांना अनेक वेळा झाला असेल व तुम्हीं बाहेरील बाजू ओली झालेलीही पाहिली असेल. आतां हे पाणी घेतें कोठून तें पाहूं तें आतून आले नाही,

वरून पडलें नाहीं, किंवा खालच्या कोरच्या जमिनीतूनही चढलें नाहीं. तर तेथें मधच्या मध्ये कोठून उत्पन्न झालें ? पेल्यात बर्फ किंवा गार पाणी घालताच पेला सभोंवारच्या हवेहून गार झाला. पेल्याची बाहेरील बाजू तिच्या शेजारच्या हवेहून गार झाली. हवेंत वाफ आहे, ती या गार पृष्ठभागाच्या सन्निध येताच तिचें उष्णतामान उतरून ती परमदाढ्यांच्या स्थितींत आली; आणि त्याहून जास्त उष्णतामान उतरताच ती थिजून द्रवाच्या रूपानें बाजूवर जमली, यामुळें पेल्याची बाहेरील बाजू ओली झाली.

हा प्रयोग जर तुम्हांस समजला तर दाहिंवर कसे पडतें तें सहज लक्ष्यांत येईल. हिंवाळ्यांत झाडांचीं पानें, ओलें गवत वगैरे दवानें सकाळीं थबथबलेलीं असतात. वरून पाऊस पडला झणावा, तर आसमास जमीन, वाळलें गवत, लाकडे, झाडांचे बुध वगैरे कोरडे असतात. खालून पाणी आलें म्हणावें तरी संभवत नाहीं. कारण, ओल्या गवताची पेंढी अतराळी टागून ठेविली तरी तिजवर दव पडतें. तेव्हां हें पाणी जेथल्या तेथें पानांवर उत्पन्न होतें, तें कोठून येतें तें पाहू. तुम्हांस सांगितलेंच आहे कीं, शीघ्रविसर्जकांतून उष्णता फार लवकर जाऊन ते मंदविसर्जकांपेक्षां लवकर थंड होतात. जमीन पाण्याहून शीघ्रविसर्जक आहे; म्हणून सूर्य मावळल्यावर ती विसर्जनानें पाण्याहून लवकर थंड होऊन समुद्रकांठीं जमिनीवरून थंड हवा पहाटेस पाण्यावर जात असते हें मागें सांगितलेंच आहे. जमीन व दगड यांहूनही झाडांचीं ओलीं पानें व ओलें गवत हे पदार्थ अधिक शीघ्रविसर्जक आहेत. म्हणून सूर्यास्तानंतर ते जमीन व दगड यांहून अधिक थंड होऊ लागून शेवटीं मध्यान्हीच्या पुढें ते त्यांवरील हवेपेक्षां अधिक शीत होतात. मग त्यासन्निध जी हवा असते तींतील वाफ थंड

होऊन परमदाढ्याच्या स्थितींत येते, आणि त्याहून उष्णतामान उतरल्यानें ती थिजून द्रवरूपानें पानांवर व गवतावर जमते. याप्रमाणें हवेंतील वाफ शीत पदार्थांच्या सान्निध्यानें थिजून दहिवर पडते. गवतावर जर धातूचा पत्रा ठेविला, तर त्याच्या मदतविसर्जकत्वामुळे तो अगदीं कोरडा रहातो. आकाश निरभ्र असलें झणजे जितकें दव पडतें व थडी वाजते, तितकें दंव व तितकी थडी साभ्र आकाश असतां पडत नाहीं. कारण, विसर्जनानें जे उष्णतेचे किरण फांकतात त्यास ढग अडवितात, व तेच पुनः त्यापासून परावर्तन पावून व विसर्जित होऊन पृथ्वीकडे येतात. म्हणून उष्णतेच्या विसर्जनास प्रतिबंध होतो. तसेंच हवेमध्ये पाण्याची वाफ फार असली झणजेही विसर्जनास प्रतिबंध होतो. उन्हाळ्यांत हवेंत वाफ फार जमते. हिवाळ्यांत हवा जास्त कोरडी असल्यामुळे जितकें दव व थडी रात्रीं पडतात तितकें दव व थडी उन्हाळ्यांत पडत नाहींत. उंच डोंगरांवर नेहमी नीच प्रदेशापेक्षां हवा तेथच्या नीच उष्णतामानामुळे अधिक कोरडी असते, झणून तेथें बहुतेक सर्व ऋतूत दहिवर पडते. हिवाळ्यांत तर तेथें पानांतून पाणी गळत असतें व जमीनही दमसर होते. याच कारणामुळे जेथें जगलें, रानें व राया असतात, तेथें हवा गार असते व शाडें हवेंतून पाणी ओढून घेतात. दव कसें पडतें याविषयीं पूर्वी फार चमत्कारिक कल्पना होत्या. वेल्स या नांवाच्या पंडितानें अनेक प्रयोग करून वरील खरी कल्पना सन १८१८ या सालीं प्रसिद्ध केली. त्याणें जे अनेक प्रयोग केले त्यापैकीं कांहीं तुम्हास सांगतो. म्हणजे दहिवर कसें पडतें तो प्रकार तुमच्या पुरा ल-

ख्यात राहिल. हे प्रयोग तुम्हांस स्वतः ही सहज करिता ये-
प्याजोगे आहेत.

कोरड्या लोंकरीच्या पेळवाच्या जुड्या १० ग्रेन वजनाच्या
वेऊन त्या त्यानें गवतावर, झाडांच्या पानावर, जमिनीवर रात्र-
भर ठेवून सकाळीं वजनास किती चढतात तें पाहिलें. तेव्हां
गवत व पानें यावरील जुड्या ओल्या होऊन वजनास चढल्या.
परंतु झाडाच्या व गवताच्या मुळ्यातून पाणी आलें नाहीं, याची
खात्री करून घेण्याकरिता त्याणें गवतावर एक टेबल ठेवून
टेबलाच्या फळीवर एक व फळीखालीं एक आणि उघड्या ग-
वतावर एक अशा जुड्या ठेविल्या. सकाळीं पहातो तों टेबला-
वरची जुडी १४ ग्रेन अधिक वजनास चढली, आणि उघड्या
गवतात ठेविलेली १६ ग्रेन चढली. परंतु टेबलाखालीं ठेविलेली
सारी चार ग्रेन चढली. यावरून जर गवताच्या मुळ्यांतून पाणी
आलें असतें, तर फळीखालच्या गवतातील जुडींत टेबलावरच्या
जुडीपेक्षां अधिक पाणी आलें असतें. याचें कारण उघड आहे.
फळीखालच्या गवतापासून जे विसर्जक किरण गेले ते फळीच्या
प्रतिबंधामुळें मागे उलटले, म्हणून फळीखालच्या गवताचें उ-
ष्णतामान फार उतरलें नाहीं. नंतर त्याणें उष्णतामापकें गव-
तावर, दगडावर, झाडावर वगैरे ठेवून पाहिलीं; तेव्हां त्याच्या
अनुभवास आलें कीं, जेथे अधिक दव पडते तेथे पारा फार
अधिक उतरतो. नंतर त्याणें एक उष्णतामापक गवतात ठेविलें व
दुसरें हवेंत अतराळीं अगदीं त्यावरच चार फूट उंचीवर टां-
गिले. सकाळीं पहातो तों गवतातलें उष्णतामापक अतराळीं
टांगलेल्या उष्णतामापकाहून १४।१५° अधिक उतरलें. साभ्र
आकाश असतां हेच प्रयोग त्याणें करून पाहिले. अतराळीं

टांगलेल्या उष्णतामापकापेक्षां गवतांतलें उष्णतामापक सारें एक दोन अंश मात्र जास्त उतरलें. यावरून त्याणें सिद्धांत केला कीं, विसर्जनानें पदार्थ थंड होऊन त्यावर हवेंतील वाफ थिजून दाहेंवर पडतें. झाडाच्या पानांच्या व गवताच्या शेंड्यांतून विसर्जनानें उष्णता जाऊ लागते. त्याच्या काष्ठांच्या मदवाहकत्वामुळें जमिनींतून शेंड्याकडे उष्णता येत नाहीं. यामुळें ते सभोवतालच्या हवेपेक्षां थंड होतात. वेल्स याणें एका प्रसंगीं एका धातूच्या पत्र्यावर उष्णतामापक टागिलें. सकाळीं पहातो तों धातूचा पत्रा कोरडा राहिला. परंतु उष्णतामापकाचा फुगा व नळी हीं दवानें भिजलीं. याचें कारण धातूच्या पत्र्याहून कांच शीघ्रविसर्जक म्हणून कांचेवर दंव पडलें. याची खात्री करून घेण्याकरितां त्याणें एका उष्णतामापकाच्या फुग्यावर सोनेरी वर्ख चिकटवून तें व दुसरें नुसतें अशीं उष्णतामापकें एकाजवळ एक त्याणें रात्री उघड्या हवेंत ठेविलीं. सकाळीं पहातो तों सोनेरी वर्खांच्या उष्णतामापकापेक्षां नुसत्या उष्णतामापकात कांचेच्या शीघ्रवाहकत्वामुळें पारा ९° अधिक उतरला होता.

आतां बंगाल प्रांतांत लोक कृत्रिमरीत्या रात्री पाणी उघड्या हवेंत ठेवून बर्फ करितात त्याचें खरें बीज या वेल्स साहेबानेंच प्रथमतः काढिलें; त्याविषयीं सांगून हें प्रकरण आटपितों. बंगाल्यांत लोक उथळ खाडे खणून त्यांत पातेरा (वाळलेलीं झाडांचीं पानें) व वाळलेलें गवत भरतात, आणि त्यांवर पराती सारखीं उथळ भांडी पाण्यानें भरून उघड्या हवेंत ठेवितात. सूर्यास्त झाल्यावर पाण्यांतून किरणरूपानें उष्णता विसर्जन पावू लागते. त्याच्या खालीं मदवाहक गवत व पातेरा यांतून जमि-

.नींतील उष्णता त्यांत येऊं शकत नाही. यामुळे पाण्याचे उष्णतामान कमी होत होत ३२° वर येऊन पोंचते आणि सकाळीं प्रत्येक भाड्याच्या पृष्ठभागीं बर्फाची वडी बनते. हें बर्फ केवळ उष्णताविसर्जनानें होतें; परंतु असें बर्फ उन्हाळ्यांत हवा वाफेनें भरलेली असल्यामुळे करितां येत नाही. जेव्हां ईशान्य वारा सुटून हवा कोरडी असते तेव्हां मात्र बर्फ विपुल होतें. कारण, कोरड्या हवेत ओल्या हवेतल्या पेक्षां विसर्जक व्यापार फार जलद चालतो. या रीतीनें विपुल बर्फ होण्यास निरभ्र आकाश असणें ही गोष्ट जितकी अवश्य आहे तितकीच कोरडी हवा ही अवश्य आहे.

प्रकरण २३.

विशिष्ट उष्णता.

२५७. पदार्थास उष्ण करणें झणजे त्यांच्या कणांस एकमेकांपासून दूर लोटणें होय. कण एकमेकांपासून दूर जातात, म्हणून पदार्थ उष्णतेनें प्रसरण पावतात. ज्या मानानें कण पूर्वीपेक्षां एकमेकांपासून दूर गेले असतील, त्या मानानें त्या पदार्थाचे उष्णतामान वाढलें असें आपण म्हणतो. आता जसे कण निकट असतील तसे त्यांस दूर लोटण्यास कमी शक्ति लागेल. समजा कीं, हीं दोन पुस्तके एक इंच अंतरावर व हीं दुसरीं दोन पुस्तके एक फूट अंतरावर आहेत. यास आतां आहेत यांच्या दुष्पट अंतरावर एकमेकांपासून नेणें आहेत, तर एक इंच अंतरावरच्या या पुस्तकांस दोन इंच अंतरावर करण्यास थोडी शक्ति

बस होईल. परंतु एक फूट म्हणजे १२ इंच अंतरावरच्या पुस्तकांस दुप्पट झणजे २४ इंच अंतरावर नेण्यास अधिक शक्ति लागेल. यास्तव पदार्थांचे कण जसे जवळ किंवा लांब असतील, त्याप्रमाणें त्यांस अधिक दूर करण्यास कमी किंवा जास्त शक्ति लागेल.

आतां पदार्थांच्या कणांत व्याप्रमाणें स्नेहाकर्षण असेल त्याप्रमाणें ते जवळ किंवा लांब असतात. घन व दाट पदार्थांच्या कणांत स्नेहाकर्षण फार असतें, त्याहून द्रव पदार्थांत तें कमी असतें, आणि वायुरूपी पदार्थांत अगदींच नसतें. म्हणून घन पदार्थांचे कण फार एकमेकांजवळ असतात; त्याहून द्रवपदार्थांचे कण अधिक दूर असतात; व द्रवांच्या कणांहून वायुरूपी पदार्थांच्या कणांत फारच अतरे असतात. पदार्थांच्या कणांस एकमेकांपासून अधिक दूर नेणें म्हणजे त्यांचें उष्णतामान वाढविणें होय. घन पदार्थांच्या निकट असणाऱ्या कणांस दूर लोटण्यास जितका वेळ लागेल, त्याच्याहून द्रवपदार्थांच्या दूर असणाऱ्या कणांस आणखी दूर लोटण्यास त्याहून जास्त वेळ लागेल. कारण, द्रवाच्या कणांस अधिक अवकाशांतून दूर करणें आहे. वायूचे कण तर फारच अंतरावर असतात. यांस आणखी एकमेकांपासून दूर करण्यास अतिशय वेळ लागेल. जास्त वेळ लागणें याचा अर्थ जास्त शक्ति खर्च होणें हा आहे. या स्थळीं कणांस दूर करणारी शक्ति उष्णता आहे. पदार्थांच्या कणांस दूर लोटणें म्हणजे त्यांचें उष्णतामान वाढविणें होय. यास्तव घन पदार्थांचें काहीं उष्णतामान वाढविण्यास झणजे त्यांचे कण काहीं पटीनें अधिक दूर नेण्यास जितकी उष्णता लागेल, त्याच्या कित्येक पट द्रवपदार्थांचें तितकेंच उष्णतामान

वाढविण्यास झणजे त्याचे कण तितकेच पटीनें दूर नेण्यास लागेल; आणि वायुरूपी पदार्थांचें तितकेच उष्णतामान वाढविण्यास, झणजे त्याचे कण तितकेच पटीनें दूर करण्यास द्रवाच्या कित्येक पटीनें उष्णता लागेल. असो. यावरून विवक्षित उष्णतामान चढविण्यास घन पदार्थाहून द्रवपदार्थास अधिक उष्णता लागेल, आणि वायुरूपी पदार्थास द्रवपदार्थाहून अधिक उष्णता लागेल. याकरितां घनपदार्थ थोड्या वेळांत थोड्या उष्णतेनें लवकर उष्ण होतील; तसे द्रव व वायु होणार नाहींत. एक शेर लोखंडाचें काहीं अंश उष्णतामान वाढविण्यास जेवढी उष्णता लागेल, त्याच्या कित्येक पट एक शेर वजनाच्या पाण्याचें व एक शेर वजनाच्या हवेचें तितकेच अंश उष्णतामान वाढविण्यास लागेल.

यावरून तुम्हीं झणाल कीं, सर्व घन पदार्थांस विवक्षित उष्णतामान चढविण्यास सारखीच उष्णता लागेल. तसेंच सर्व द्रवांस आणि सर्व वायूस सारखी उष्णता लागेल. परंतु पदार्थांचे कण एकमेकांस खेहाकर्षणानें एकमेकांकडे काहीं शक्तीनें ओढीत असतात. ही शक्ति भिन्नभिन्न पदार्थांत भिन्नभिन्न असते. कण दूर अंतरावर नेण्यास या शक्तीचा जोरही उष्णतेस नाहींसा करावा लागेल. शिवाय सर्व घन पदार्थांचे कण सारख्या अंतरावर नसतात. सोन्याचे कण रुप्याहून अधिक जवळ असतात. याकरितां घनपदार्थांचेही सारखें उष्णतामान वाढविण्यास भिन्नभिन्न मानाची उष्णता लागेल. तशीच द्रवरूपी व वायुरूपी पदार्थांस भिन्नभिन्न उष्णता लागेल.

उष्णतामान कमी करणें म्हणजे पदार्थांचे कण एकमेकाजवळ अधिक आणणें हें होय. अधिक एकमेकाजवळ आणण्यास ज्या

शक्तीने त्यांस दूर धरिले होते ती शक्ति काढून घेतली पाहिजे. उष्णतेने त्यांस दूर धरिले होते आणि कणांस दूर धरण्यास निरनिराळी उष्णता लागली होती. यास्तव उष्णतामान उतरविण्यास (शीत करण्यास) म्हणजे कणास अधिक जवळ आणण्यास निरनिराळ्या पदार्थातून जास्त कमी उष्णता काढून घ्यावी लागेल, किंवा उष्णतामान उतरतांना ती जास्त कमी बाहेर पडेल.

२५८- आतां ज्या गोष्टी सांगितल्या त्या काहीं प्रयोगांने प्रत्यक्ष दाखवितों.

प्रयोग १.- लोखंड, शिसें, तांबें आणि पितळ या धातूंच्या या चार सारख्या वजनाच्या गोळ्या आहेत. यास या कढत पाण्यांत बुडवितों. यात यास चार मिनिटे ठेवून बाहेर काढितों. आता यांची उष्णतामानें पाहूं. पहा, लोखंडाहून तांबें अधिक उष्ण झालें, तांब्याहून पितळ आणि पितळेहून शिसें अशी ऊन झाली आहेत. सारख्या काळांत सारख्या वजनाच्या चार धातूत कढत पाण्याची उष्णता सारखीच गेली. परंतु त्यांच्या कणांमधील भिन्न स्नेहाकर्षणामुळे परिणाम भिन्न झाले. शिसें लोखंडाहून ऊन झालें, झणून शिशाहून लोखंडात अधिक उष्णता शोषण झाली.

प्रयोग २.- या कढत तेलात या आकडे लाविलेल्या व सारख्या वजनाच्या लोखंड, शिसें, तांबें, पितळ आणि कथील या धातूंच्या गोळ्या उष्ण केल्या आहेत. तेलाचे उष्णतामान ३००° फा. आहे गोळ्या पुष्कळ वेळ तेलात असल्याने त्या सर्वांचें उष्णतामान हेंच आहे. ही मेणाची पोळी सहा इंच व्यासाची व अर्धा इंच जाडीची या रिटार्टाच्या वळ्यावर ठेवितों (आकृति २८१ पहा). आता या गोळ्या, ही तार त्यांच्या आकड्यात घालून, वर उचलून या पोळीवर सर्वांस एकदम ठेवितों. चारच गोळ्या तारेवर आल्या. असो. या पोळीवर ठेवून नंतर पाचवीचें काय झालें तें पाहू. या

गोळ्यातील उष्णता मेणास जशी जास्त कमी मिळेल, त्याप्रमाणे जास्त कमी मेण वितळून गोळ्या खाली पडतील. पहा, त्या पोळींत उतरू लागल्या. परंतु पहा, निरनिराळ्या वेगाने खाली जात आहेत. लोखंड व तांबें यांच्या गोळ्या खूब जलद खाली जात आहेत. इतक्यात लोखंडाची खाली पडली. मागून तांब्याची पडली. शिशाची अद्याप निम्मे सुद्धा खाली गेली नाही. ज्यांत अधिक उष्णता होती ती गोळी अगोदर खाली पडली. लोखंडांत तांब्याहून अधिक उष्णता होती म्हणून लोखंडाची गोळी तांब्याच्या गोळीच्या पूर्वी खाली आली. शिशांत फारच कमी झणून ती मुळीच खाली आली नाही असो. आता कथिलाच्या गोळीचें काय झालें तें पाहूं पहा, ती वितळून तळी बसली. कारण कथील २२८° उष्णतामानावर वितळते.

प्रयोग ३.— आता हा औंसभार पारा या वाटींत घेतों व या दुसऱ्या वाटींत हें औंसभर पाणी घेतों. हे दोन दिवे सारखी उष्णता सारख्या काळात उत्पन्न करणारे आहेत. पारा व पाणी यात ही दोन उष्णतामापके घालतां पहा, दोहोंचीं उष्णतामाने सारखीं झणजे ७५° फा. आहेत. आता हे घेले या दोन दिव्यावर ठेवितों, व कसकशी उष्णतामानें चढतात तीं पाहूं. पहा, पाण्याचें उष्णतामान इतक्यात १° चढलें. घड्याळात सारे पाव मिनिट झालें पाण्यातील उष्णतामापक अद्याप बिलकूल चढलें नाहीं. पाण्यातील आणखी चार पाच अंश चढलें, व अजून हळूहळू चढत आहे. आता पाण्याचें उष्णतामान १° चढण्यास किती वेळ लागतो व तितक्या वेळांत पाण्याचें किती अंश चढतें तें पाहूं. दिव्यातून सारखी उष्णता जात असता पाण्याचें उष्णतामान तेव्हाच एक अंश चढलें. म्हणजे पाण्याचे कण पूर्वापेक्षा काहीं दूर तेव्हाच गेले परंतु पाण्याचे तितकेच कण त्याच मानानें अद्याप दूर झाले नाहींत. यास्तव पाण्यापेक्षा पाण्यात किती अधिक उष्णता शोषण होत आहे ती पहा. आता पाण्याचें उष्णतामान एक अंश चढलें. पाण्याचें पहा ३०° चढलें. घड्याळांत ७॥ मिनिटें झालीं. तेव्हा पाण्याचें १° उष्णतामान वा-

दृण्यास जेवढा काळ लागला, त्याच्या तीसपट तेवढ्याच वजनाच्या पाण्याचें १° उष्णतामान वाढण्यास लागला. पाण्याचें १° उष्णतामान वाढल्यानें त्यात पाण्याच्या ३० पट उष्णता गेली. कारण, पाण्याचें १° उष्णतामान वाढेपर्यंत पाण्याचें ३०° वाढलें. यास्तव पारा व पाणी यांची समान उष्णतामाने असतां पाण्यात पाण्याच्या ३०° पट उष्णता असते. ती उष्णतामापकांनें समजत नाही. आतां हाच प्रयोग उलट करून पाणी शीत होतांना तितकी उष्णता दृश्य होते कीं काय तें पाहूं.

प्रयोग ४.— हा एक औंस पारा १००° उष्णतामानाचा आहे. हें एक औंस पाणी ६९° उष्णतामानाचें आहे. या दोघाचें मिश्रण करून मिश्रणाचें उष्णतामान काय असतें तें पाहूं. पहा, मिश्रणाचें उष्णतामान ७०° आहे. म्हणजे पाण्याचें उष्णतामान ३०° उतरलें, व पाण्याचें १° चढलें. म्हणजे पाण्याचें १° उष्णतामान चढविण्यास पाण्याचें ३०° उतरावें लागलें. याकरिता पाण्याच्या तीसपट उष्णता पाण्यात रहाते हें उघड आहे.

प्रयोग ५.— लोखंड व शिसें या दोन धातूंच्या सारख्या वजनाच्या या दोन गोऱ्या आहेत. यास या शेंगडीत घालून सारख्या उष्णतामानावर आणिल्या आहेत. पहा, यांची उष्णतामाने आता २००° फा. आहेत. या दोन पेल्यांत दोन दोन औंस थंड पाणी सारख्या उष्णतामानाचें आहे. एकात ही लोखंडी गोटी बुडवितों, व दुसऱ्यात ही शिशाची गोटी बुडवितों. सारख्या काळात यातून कसकशी उष्णता बाहेर पडते, म्हणजे पाणी कसे ऊन होते तें पाहूं. पहा, लोखंड असलेलें पाणी शिसें घातलेल्या पाण्याहून अधिक उष्ण झालें. यावरून दोहोंचीं सारखीं उष्णतामाने असता लोखंडात अधिक उष्णता होती.

२५९. विशिष्ट उष्णता ह्मणजे काय.— या प्रयोगावरून तुमच्या लक्ष्यात आलें असेल कीं, निरनिराळ्या पदार्थांचीं

सारखीं उष्णतामानें वाढविण्यास निरनिराळी उष्णता लागते. म्हणजे समान उष्णतामानें चढतांना जास्त कमी उष्णता पदार्थांत शोषण होते. ही उष्णतामापकानें मापितां येत नाहीं. कारण, ज्या मानानें एकादा पदार्थ गरम असतो तें मान मात्र उष्णतामापकानें समजतें. उष्णतामानें सारखीं असून सारख्या वजनाच्या पदार्थांत सुद्धां भिन्न मानानें उष्णता असते. निरनिराळ्या पदार्थांची भिन्न भिन्न मानानें उष्णता धारण करण्याची जी ही शक्ति, त्या शक्तीस त्यांची उष्णताधारक शक्ति किंवा विशिष्टउष्णता असें म्हणतात. ही शक्ति मापावी कशी त्याचा विचार करूं.

विशिष्टउष्णता मापावी कशी हें सांगण्यापूर्वी विशिष्टउष्णता या शब्दाचा अर्थ स्पष्ट समजून सांगतो, तो नीट लक्ष्यात ठेवा. विशिष्टगुरुत्वाविषयीं मागें सांगतांना असें सांगितलें कीं, दोन सारख्या आकाराचे पदार्थ घेऊन वजन केल्यास दोहोंच्या वजनामधील जें प्रमाण त्यास किंवा एकाच्या जितके पट दुसरा वजन असेल, त्या पटीस विशिष्टगुरुत्व असें म्हणावें. सारख्या वजनाचे व सारख्या उष्णतामानाचे दोन पदार्थ घेऊन त्याचीं सारखीं उष्णतामानें चढविण्यास ज्या भिन्न भिन्न उष्णता लागतात, त्यामधील प्रमाणांस किंवा एकाच्या जितकेपट उष्णता दुसऱ्यास लागली असेल त्या पटीस विशिष्टउष्णता असें म्हणतात. यास्तव हें पुरें लक्ष्यात ठेवा कीं, सारखीं उष्णतामानें चढविण्यास एकाहून दुसऱ्यास कितीपट उष्णता द्यावी लागते एवढेंच विशिष्टउष्णतेपासून समजतें. ज्यापेक्षा विशिष्टउष्णता केवळ अन्योन्य सबधी आहे त्यापेक्षां ती मापण्यास एक पदार्थ प्रमाणभूत कल्पून त्याच्या सबधानें बाकी-

चांच्या विशिष्टउष्णता काढिल्या पाहिजेत. विशिष्टगुरुत्व काढण्यास जसे शुद्ध पाणी प्रमाणभूत कल्पिले होते, तसे विशिष्टउष्णता मापण्यासही शुद्ध पाणीच प्रमाणभूत कल्पू. विवक्षित वजनाच्या पाण्याचे विवक्षित उष्णतामान वाढण्यास जितकी उष्णता लागेल, ती एक स्थानी कल्पून तितक्याच वजनाच्या दुसऱ्या कोणत्याही पदार्थाचे तितकेच उष्णतामान वाढविण्यास पाण्याचे जितकेपट (पूर्ण किंवा अपूर्ण) उष्णता लागेल, त्या पटीच्या संख्येस त्या पदार्थाची विशिष्टउष्णता असे म्हणू. उदाहरणार्थ, एक औंस पाण्याचे १° फा. उष्णतामान वाढविण्यास जितकी उष्णता मागील एका प्रयोगांत (प्रयोग ३) लागली, तिचा $\frac{1}{3}$ उष्णता १ औंस पाण्याचे १° फा. उष्णतामान वाढविण्यास लागली. म्हणून पाण्याची विशिष्टउष्णता $\frac{1}{3}$ असे झणतात. बहुतकरून एक पौंड पाण्याचे १° फा. उष्णतामान वाढविण्यास जेवढी उष्णता लागते, तेवढ्या उष्णतेस एक अंश उष्णता असे म्हणतात; आणि एक पौंड वजनाच्या दुसऱ्या कोणत्याही पदार्थाचे १° फा. उष्णतामान वाढविण्यास असले जितके अंश म्हणजे याच्या जितकेपट उष्णता लागते, त्या संख्येस त्याची विशिष्टउष्णता असे झणतात.

२६०- शोषण झालेली उष्णता मापणे - विशिष्टउष्णता म्हणजे विवक्षित वजनाच्या पदार्थाचे विवक्षित उष्णतामान वाढविण्यास जी एकदर उष्णता लागते म्हणजे जेवढी उष्णता शोषिली जाते ती होय. सारखे उष्णतामान वाढविण्यास निरनिराळ्या पदार्थांत निरनिराळ्या मानाने उष्णता शोषिली जाते. ही उष्णता मापण्यास एक पौंड पाण्याचे एक अंश उष्णतामान वाढविण्यास जी उष्णता पाण्यात शोषिली

जाते ती एकं स्थानीं कल्पितात; आणि त्यावरून इतर पदार्थांचें तितकेंच उष्णतामान वाढविण्यांत जी उष्णता शोषिली जाते ती मापितात. यास्तव एकाद्या पदार्थाचें वजन आणि त्याची विशिष्टउष्णता माहित असल्यास त्याचें उष्णतामान वाढविलें, किंवा कमी केलें, तर त्या पदार्थांत जी उष्णता शोषिली जाईल किंवा जी उष्णता त्यातून बाहेर जाईल ती मापिता आली पाहिजे. ती मापितां आली म्हणजे विशिष्टउष्णता काढण्याच्या ज्या रीति सांगणार त्या चांगल्या ध्यानांत येतील. समजा कीं, व पौंड वजनाच्या एका पदार्थाचें उ अंश उष्णतामान वाढविलें आहे. आता या पदार्थाची विशिष्टउष्णता क्ष माहित असल्यास त्या पदार्थांत एकदर किती उष्णता शोषिली गेली तें काढणेचें आहे. एक पौंड पाण्याचें एक अंश उष्णतामान वाढविण्यास जी उष्णता लागते त्या उष्णतेस एक अंश उष्णता कल्पितात. म्हणून व पौंड पाण्याचें एक अंश उष्णतामान वाढविण्यास व अंश उष्णता लागेल; आणि व पौंड पाण्याचें उ अंश उष्णतामान वाढविण्यास व उ अंश उष्णता लागेल. पाण्याची विशिष्टउष्णता एक होती, म्हणून व पौंड पाण्याचें उ उष्णतामान वाढविण्यास व उ उष्णता लागली. आतां ज्याची विशिष्टउष्णता क्ष असेल तसल्या व पौंड वजनाच्या पदार्थाचें उ अंश उष्णतामान वाढविण्यास व उ क्ष अंश उष्णता लागेल. यास्तव कोणत्याही पदार्थाचें विवक्षित अंश उष्णतामान वाढविल्यास, त्या पदार्थाचें वजन, जितके अंश उष्णतामान वाढविलें असेल त्या अंशांची संख्या, आणि विशिष्टउष्णता या तीर्हींच्या गुणाकाराबरोबर त्या पदार्थानें एकंदर शोषिलेली उष्णता असते. कोणत्याही पदार्थाचें उष्णतामान उ° पासून

उं पर्यंत वाढविलें किंवा कमी केलें, तर त्या पदार्थांत शोषण झालेली, किंवा त्यातून गेलेली उष्णता खालील सारण्यांवरून समजेल.

व (उं - उं) क्ष

व (उं - उं) क्ष

२६१. विशिष्टउष्णता काढण्याच्या रीति.- विशिष्ट-उष्णता मुख्यत्वे तीन रीतींनी काढितात. (१) मिश्रण करून; (२) बर्फ वितळवून आणि (३) शीत करून.

१. मिश्रणानें विशिष्टउष्णता काढण्याची रीति - ज्या पदार्थाची विशिष्टउष्णता काढणें असेल त्याचें वजन करून त्यास काहीं विवक्षितउष्णतामानापर्यंत उष्ण करावा. नंतर त्याहून कमी उष्णतामानाच्या बहुधा ३२° फा. उष्णतामानाच्या विवक्षित वजनाच्या पाण्यांत तो पदार्थ मिश्र करावा; आणि मिश्रणाचें उष्णतामान काय असतें तें पहावें. समजा कीं, या पदार्थाचें वजन व पौंड असून त्याचें उष्णतामान उ अंशपर्यंत चढविलें आहे. ज्या पाण्यांत तो मिसळावयाचा त्याचें वजन व असून उष्णतामान उ अंश आहे. आणि पाण्यांत तो पदार्थ घातल्यावर मिश्रणाचें उष्णतामान न° आहे. तर पदार्थाचें उष्णतामान उ - न अंश उतरलें आणि पाण्याचें उष्णतामान न - उ अंश चढलें. पाण्याची विशिष्टउष्णता एक कल्पिली आहे. म्हणून व पौंड पाण्याचें न - उ अंश उष्णतामान वाढतांना व (न - उ) इतकी उष्णता पाण्याने शोषली. मिश्र केलेल्या पदार्थाची विशिष्टउष्णता क्ष समजली, तर त्याचें उ - न अंश उष्णतामान उतरल्याने त्यातून व (उ - न) क्ष इतकी उष्णता गेली असें झालें. जितकी प-

दार्थांतून उष्णता गेली तितकी पाण्यानें शोषण केली. म्हणून पदार्थांतून गेलेली उष्णता पाण्याने शोषण केलेल्या उष्णतेबरोबर असली पाहिजे. यास्तव :-

$$व (उ - न) क्ष = व (न - उ) .$$

$$\therefore क्ष = \frac{व (न - उ)}{व (उ - न)} .$$

२. बर्फ वितळवून विशिष्टउष्णता काढण्याची रीति.— विवक्षित वजनाच्या पदार्थाचें विवक्षित उष्णतामान उतरत असता किती बर्फ वितळतें तें पाहून त्यावरून त्या पदार्थाची विशिष्टउष्णता काढतां येते. पूर्वी तुम्हांस समजलें आहे कीं, एक पौंड बर्फ वितळविण्यास १४२ अश उष्णता लागते. म्हणून जर एकाद्या उष्ण पदार्थाच्या योगानें एक पौंड बर्फ वितळलें, तर त्या पदार्थांतून १४२ अश उष्णता बर्फांत गेली असें होतें. या आकृतींत (आ. २८२ पहा) दाखविल्यासारखें तिहेरी पोकळी असलेलें कथलाचें भांडें असतें. भांड्याच्या या मधल्या पोकळींत ज्या पदार्थाची विशिष्टउष्णता काढणेची आहे, तो पदार्थ ठेवून बाकी अ, ब दोहों पोकळ्यांत बर्फाचा चुरा भरतात. अगदीं आतील उष्ण पदार्थाच्या योगानें अ पोकळींतील बर्फ वितळून जें पाणी होतें तें पाणी या त तोटीनें बाहेर जातें व तें दुसऱ्या भांड्यांत जमवून त्याचें वजन करितात. अगदीं बाहेरील ब पोकळींत जें बर्फ असतें त्याचा उपयोग एवढाच कीं, या अ पोकळींतील बर्फास हवेचा किंवा दुसऱ्या कोणत्याही उष्ण पदार्थाचा संपर्क होऊ नये आणि अ पोकळींतील बर्फ आतील पदार्थाच्या उष्णतेनें मात्र वितळवें.

असें समजू कीं आंतील उष्ण पदार्थाचें वजन व पौंड असून त्याचें उष्णतामान उ° पासून ३२° पर्यंत उतरलें आहे. याची विशिष्टउष्णता काढणें आहे. ती क्ष असें समजू. तर त्यांतून एकदर गेलेली उष्णता व (उ - ३२) क्ष होईल. जें न तोंटींतून बर्फ वितळलेलें पाणी बाहेर आलें, त्याचें वजन व पौंड भरलें. एकेक पौंड बर्फ वितळण्यास १४२ अश उष्णता लागते. तेव्हां व पौंड बर्फ वितळण्यास १४२ व इतकी उष्णता लागेल. आतां पदार्थांतून जी उष्णता गेली त्या उष्णतेनें हें बर्फ वितळलें आहे. म्हणून,—

$$व (उ - ३२) क्ष = १४२ व$$

$$\therefore क्ष = \frac{१४२ व}{व(उ-३२)}.$$

३. शीत करून विशिष्टउष्णता काढण्याची रीति.—

पाणी व दुसरा कोणताही पदार्थ हे सारख्या वजनाचे व सारख्या उष्णतामानाचे घेऊन त्यास शीत करून देतात, आणि सारखें उष्णतामान उतरण्यास किती किती काळ लागतो तें पाहतात. समजा कीं, एक पौंड पारा आणि एक पौंड पाणी यांस सारख्या उष्णतामानावर असतां शीत होऊं दिलीं, तर पाण्याचें एक अश उष्णतामान उतरण्यास जितका वेळ लागतो त्याच्या तीसपट वेळ पाण्याचें एक अश उष्णतामान उतरण्यास लागतो. यावरून पाण्याची विशिष्टउष्णता एक असेल, तर पाण्याची $\frac{१}{३०}$ झाली पदार्थास शीत करण्याकरिता त्यास विवक्षित उष्णतामानापर्यंत उष्ण करून तो अगुस्तानासारख्या एका रुप्याच्या छोट्या टोपणात घालून तें टोपण एका तांब्याच्या भाड्यात गच्च बसवितात. तांब्याचें भाडें रितें करून त्या-

सभोवतीं बर्फ ठेवून त्याचें उष्णतामान ३२° वर ठेवितात. समजा कीं, विवक्षित वजनाच्या पदार्थाचें ५° उष्णतामान उतरण्यास ३ मिनीटें लागलीं आणि त्याच वजनाच्या पाण्याचें ५° उष्णतामान उतरण्यास २७ मिनीटें लागलीं, तर पदार्थाची विशिष्टउष्णता $\frac{३}{२७} = \frac{१}{९}$ झाली.

२६२. मुख्य पदार्थाच्या विशिष्टउष्णता.— या रीतींनीं काढलेल्या कित्येक पदार्थांच्या विशिष्टउष्णता सांगतो त्या लक्ष्यांत ठेवा.

विशिष्टउष्णता.

| पदार्थाचें नांव. | सूक्ष्ममानानें. | स्थूलमानानें. |
|----------------------|-----------------|------------------|
| पाणी. | १ | १ |
| टरपेंटैन... .. | ०.४२५९० | $\frac{१}{२.४}$ |
| सल्फ्युरिक आसिड. ... | ०.३५००० | $\frac{१}{२.८}$ |
| सल्फ्युरिक ईथर... .. | ०.५२००० | $\frac{१}{२.९}$ |
| आल्कोहोल. | ०.६२२०० | $\frac{१}{१.६}$ |
| लांकडी कोळसा... .. | ०.२४१११ | $\frac{१}{४.१}$ |
| हवा | ०.२३७५० | $\frac{१}{४.२}$ |
| गंधक | ०.२०२५९ | $\frac{१}{५.०}$ |
| कांच | ०.१९७६८ | $\frac{१}{५.१}$ |
| हिरा. | ०.१४६८७ | $\frac{१}{६.८}$ |
| पोलाद... .. | ०.११७५० | $\frac{१}{८.५}$ |
| लोखंड... .. | ०.११३७९ | $\frac{१}{८.८}$ |
| बस्त. | ०.०९५५५ | $\frac{१}{१०.४}$ |
| तांबें. | ०.०९५१५ | $\frac{१}{१०.५}$ |
| पितळ. | ०.०९३९१ | $\frac{१}{१०.६}$ |

| | | | | | | |
|-----------|-----|-----|-----|---------|-------|-----------------|
| रुपें. | ... | ... | ... | ०°०५७०१ | | $\frac{9}{977}$ |
| कथील | ... | ... | ... | ०°०५६२३ | | $\frac{9}{977}$ |
| अटिमनी. | ... | ... | ... | ०°०५०७७ | | $\frac{9}{20}$ |
| पारा. | ... | ... | ... | ०°०३३३३ | | $\frac{9}{30}$ |
| सोनें | ... | ... | ... | ०°०३२४४ | | $\frac{9}{30}$ |
| प्लाटिनम. | ... | ... | ... | ०°०३२४४ | | $\frac{9}{30}$ |
| शिसें. | ... | ... | ... | ०°०३१४० | | $\frac{9}{39}$ |
| बिस्मथ... | ... | ... | ... | ०°०३०८४ | | $\frac{9}{32}$ |

या कोष्टकांवरून सहज लक्ष्यांत येईल कीं, पाण्याची विशिष्टउष्णता इतर पदार्थांहून फार आहे. हवेच्या चौपट पाण्याची विशिष्टउष्णता आहे. लोखंडाच्या ९ पट, रुप्याच्या १७ पट, पाण्याच्या ३० पट आणि शिशाच्या ३२ पट पाण्याची विशिष्ट उष्णता आहे. सारांश, पाण्यास उष्ण करण्यास इतर पदार्थांहून फार उष्णता लागते. पाण्याची विशिष्ट उष्णता फार कमी म्हणूनच पारा उष्णतामापकांत भरतात. कारण, पारा त्याच्या नीच विशिष्ट उष्णतेमुळे फार त्वरित उष्ण होतो व थंड होतो.

हवेची विशिष्टउष्णता पाण्याच्या $\frac{1}{4}$ आहे. म्हणून १ शेर पाण्याचे १° उष्णतामान कमी होताना जितकी उष्णता बाहेर पडेल, तेवढ्या उष्णतेनें ४ शेर हवेचे १° उष्णतामान वाढेल. एक शेर पाण्याच्या ७७० पट आकार १ शेर हवेचा असतो. म्हणून ४ शेर हवेचा आकार १ शेर पाण्याच्या ७७० × ४ = ३०८० पट असेल. यास्तव १ शेर पाण्याचे १° उष्णतामान कमी झाल्यानें त्याच्या ३०८० पट आकाराच्या हवेचे उष्णतामान १° वाढेल. याच कारणानें समुद्र काठच्या प्रदेशां-

ची व मुख्यत्वे बेटाची हवा समशीतोष्ण असते. उन्हाळ्यांत पाणी सूर्याची उष्णता शोषण करिते, परंतु त्याचे उष्णतामान फार वाढत नाही. झणून त्यावरची हवा थड रहते. हिवाळ्यांत पाणी आपल्यात सांठलेली उष्णता बाहेर टाकिते. परंतु जेवढे उष्णतामान पाण्याचे कमी होते तेवढ्याने ३०८० पट आकाराच्या हवेचे तेवढे उष्णतामान वाढते. यामुळे इंग्लंडची हवा जर्मनीपेक्षा उष्ण आहे. मुंबईची किंवा दुसऱ्या बंदरांची हवा किनाऱ्यापासून लांबच्या प्रदेशाहून समशीतोष्ण असते.

वरील कोष्टकांवरून दुसरी तुमचे लक्ष्यांत आलीच असेल की, पाण्यापेक्षा हवेची विशिष्टउष्णता कमी आहे. मी पूर्वी सांगितले त्याप्रमाणे प्रवाही पदार्थाहून वायुरूपी पदार्थांचे अणु एकमेकांपासून जास्त दूर असतात व त्यांस आणखी दूर नेण्यास जास्त उष्णता लागवी. परंतु जी उष्णता पदार्थांस पोचते, त्या उष्णतेस दोन कार्ये करावयाचीं असतात; (१) पदार्थांच्या कणांमधील स्नेहाकर्षण नाहोसे करून त्यांस एकमेकांपासून वेगळे करणे; आणि (२) त्यांस एकमेकांपासून दूर करून त्या अंतरावर त्यांस दोलायमान ठेवणे. यापैकी वायुरूपी पदार्थांत पहिले कार्य मुळीच करण्याचे नसते. कारण, त्यांचे अणु मूळचेच एकमेकांपासून वेगळे असून त्यांमध्ये स्नेहाकर्षण नसते.

म्हणून सर्व उष्णतेस वायूंच्या कणास एकमेकांपासून दूर करून त्या अंतरावर त्यांस दोलायमान राखणे म्हणजे वायूचे उष्णतामान वाढविणे, एवढेच कार्य करण्याचे असते. यास्तव वायूची विशिष्टउष्णता पातळ पदार्थाहून कमी असते. वायु दाट

किंवा पातळ असले, तरी त्यांचे कण वेगळेच असतात; परंतु दाट हवेचे कण पातळ हवेच्या कणापेक्षा जास्त जवळ असतात. म्हणून दाट हवेच्या कणास दूर करण्यास जेवढी उष्णता लागेल त्याहून पातळ हवेचे कण दूर करण्यास जास्त उष्णता लागेल; म्हणून जसजसा वायु अधिक विरल असेल, त्याप्रमाणे त्याची विशिष्टउष्णता फार असेल. हवा खालच्या प्रदेशाहून उच प्रदेशां फार विरल आहे, व त्या विरल हवेची विशिष्टउष्णताही फार आहे.

२६३. उंच प्रदेशाची शीतता.— विशिष्टउष्णतेच्या ज्ञानावरून आणखी एक गोष्ट सिद्ध होते. आजपर्यंत मी सांगत आलों कीं, जसजसे उच जावे तसतशी हवा थंड असते. येथल्याहून पन्हाळगडावर, पन्हाळ्याहून महाबळेश्वरीं, महाबळेश्वराहून सिमल्यास याप्रमाणे अधिकाधिक थंडी असते. हिमालय, आल्प्स वगैरे पर्वताचीं तर शिखरें नित्य वर्फांनीं आच्छादित असतात. याचें कारण काय तें तुम्हास अद्यापि सांगितले नाहीं; तें आज सांगतों. जसजसे पदार्थांचे कण दूर असतील त्याप्रमाणे त्यांस आणखी दूर करण्यास जास्त उष्णता लागेल. खालच्या प्रदेशाहून वरच्या प्रदेशां हवा विरल असते हें तुम्हांस समजलेंच आहे. खालच्या हवेच्या कणाहून वरच्या हवेचे कण एकमेकांपासून अधिक दूर असतात. त्यांस आणखी दूर लोटण्यास जास्त उष्णता पाहिजे. याचा अर्थ.—वरच्या हवेची विशिष्टउष्णता खालच्या हवेहून फार आहे. अधिकाधिक वर गेल्यास हवा अधिकाधिक विरल असते, आणि विरल हवेची विशिष्टउष्णता जास्त असते, म्हणजे तीस उष्ण करण्यास दाट हवेपेक्षा अधिक उ-

ष्णता लागते. सूर्याची उष्णता वरच्या व खालच्या हवेस सारखीच मिळते. तेवढ्या उष्णतेनें खालची दाट हवा जितकी उष्ण होईल तितकी वरची विरल हवा होणार नाही ही विरल हवा दाट हवेपेक्षा जरी सूर्याच्या काहींशी जवळ आहे, तरी तिच्या उच्च विशिष्टउष्णतेमुळे ती याहून सूर्याच्या समीप असती तरी दाट हवेइतकी उष्ण झाली नसती. याशिवाय पूर्वी सांगितले की, विरल हवेतून सूर्याचे किरण काहीं शोषण न होतां अगदीं पार जातात. या दोन कारणांस्तव वरच्या प्रदेशाच्या हवेचें उष्णतामान नेहमी कमी राहून तेथें थडी असते. यामुळे हवेच्या विरलत्वाप्रमाणें थडी वाढून काहीं उंचीवर हवेचें उष्णतामान ३२° असतें या उष्णतामानावर हवेतील वाफ थिजते, व त्या ठिकाणीं नित्य बर्फ असतें. ही बर्फ होण्याची सीमा जमिनीवरच्या हवेचें उष्णतामान जसें अधिक असेल त्याप्रमाणें अधिक उच्च असते. उष्णतामान विषुववृत्तापासून ध्रुवांकडे कमी होत गेलें आहे. हून ही सीमा ध्रुवांकडे उतरत गेली आहे. उष्णकटिबंधांत १५,००० फूट उंचीवर बर्फ नित्य असतें. यूरोपांतील आल्प्स पर्वतावर ८,००० फूट उंचीवर नित्य बर्फ असतें. परंतु ध्रुवापाशीं अगदीं जमिनीवर नित्य बर्फ असतें. जशी ध्रुवांकडे हवा थंड होत जाते तशी उच्च प्रदेशांही थंड होत जाते. यामुळे ज्या ठिकाणीं उच्च पर्वत आहेत त्या ठिकाणीं सर्व देशाच्या हवेचा अनुभव घेतां येतो. ज्या प्रदेशां नित्य बर्फ असतें, त्यातून एक रेषा काढिली आहे असें कल्पून त्या रेषेस बर्फसीमा असें म्हणतात.

असो. आतां तुम्ही अशी शंका घ्याल कीं, जर बर्फ सीमेपासून पलीकडे हवेचें उष्णतामान नित्य ३२° च्या खालीं अ-

सतें, तर त्या सीमेवरील बर्फ कधीं न वितळतां अधिकाधिक वाढत जाऊन, बर्फाच्या थरांनीं डोंगरांची उंची वाढून, उंच पर्वताच्या माथ्यावर बर्फाचे, खडपाचे खडप व्हावे आणि पर्वत मगनास जाऊन पोचावे. ज्या जागीं दरसाल तीन फूट जाडीचें हीम सांचतें त्या जागीं आपल्या शालिवहान शकांतच ५,००० पेक्षां जास्त फूट उंचीचें बर्फ व्हावें व पर्वताची इतकी उंची वाढावी. वास्तविक तसें न होतां पर्वताची उंची आहे तीच राहून वरील बर्फ खालीं येतें. हा मोठाच चमत्कार आहे. बर्फ कां साचत नाहीं, तें सागतों तिकडे लक्ष्य द्या.

जे बर्फाचे घट्ट गोळे पहातों त्यांसच बर्फ झणणें योग्य आहे- विलायतेंत हिवाळ्यात बर्फ पडतें म्हणतात तें वास्तविक बर्फ नसतें. येथें गारा पडतात त्यांसही बर्फ झणणें सशास्त्र नाहीं. जसा पातळ पाण्याचा पाऊस पडतो तसा मोठलेल्या पाण्याचा जो पाऊस पडतो त्यास इग्रजींत स्नो (snow.) असें म्हणतात. उंच पर्वतांच्या माथ्यांवर ढग थिजून अशाच तऱ्हेचा पाऊस पडतो. यास हीम ही संज्ञा प्राचीन कालीं देत होते व त्यावरून हिमालय (हिमाचें आलय(स्थान)) हें नाव पडलें आहे. उंच पर्वतावर हिमाचा पाऊस पडतो. हीम हें बर्फासारखें घट्ट नसतें. पातळ नव्हे, पण कांहींसें दलदलीत असें हीम असतें. हीम एकत्र होऊन चेपलें गेलें झणजे बर्फ बनतें. काहीं हीम उंच पर्वताच्या उतरणीवरून मोठ्या वेगानें खालीं उतरून अधिक उष्ण प्रदेशां येऊन तेथें वितळतें. हिमाचे एकावर एक असे थर जमल्यानें खालचें हीम दडपून जाऊन कांहीं बर्फाच्या अवस्थेंत जातें. बर्फाच्या घट्ट अवस्थेंत जाताच तें इतर हिमापासून वेगळें होऊन उतरणीवरून खालीं येतें. हीम वा-

ज्यानेही काहीं अस्ताव्यस्त होतें, यामुळें हिमालय व आल्प्स यांच्या हिमाच्छादित शिखराच्या दोहों वाजूस हिमाचे झोताचे झोत मोठ्या वेगानें खालीं उतरून पुष्कळ क्षेत्रावर पसरतात. तिबेट, आणि यार्कंड यांमधील सुमारे ३६ चौरस मैल प्रदेश हिमानें व्यापलेला असतो. असल्या प्रदेशांस हीमरानें असें म्हणतात. अशीं हीमरानें हिमाच्छादित पर्वतांच्या दोहों वाजूस असतात. या रीतीनें हिमाचा खालीं उतरण्याचा क्रम सतत चालल्यानें हिमाचे थर पर्वतांवर फार उच जमत नाहींत.

२६४. उष्णतेविषयीं बहुतेक मुख्य ठोकळ गोष्टी तुम्हांस सांगितल्या. वाफेची शक्ति, त्या शक्तीनें चालणारीं वाफेचीं यंत्रें, उष्णतेविषयींच्या निरनिराळ्या कल्पना आणि उष्णता उत्पन्न करण्याचे प्रकार याविषयीं पुढील ऋतूत सांगेन. तुम्हांस या सहा महिन्यांत जें सांगितलें त्याविषयीं चांगलें मनन कराल आणि सांगितलेले नियम व सिद्धांत लक्षांत ठेवाल, तर तुमच्या सभोंवार ज्या गोष्टी सृष्टींत घडत आहेत त्यांपैकीं बहुतेकांचीं कारणें तुम्हांस सांगतां येतील. तुम्हांस या शास्त्राचा उद्देश व उपयोग काय तें सांगितलें; नंतर पदार्थ क्षणजे काय? पदार्थांचे स्वाभाविक व विशेष धर्म कोणते तें सांगितलें. नंतर गतीविषयीं मुख्य गोष्टी सांगितल्या. पुढें मुख्य तीन आकर्षणाविषयीं सांगून तत्संबंधानें घड्याळें, कमान्नी, वजन वगैरेंची उपपत्ति सांगितली. नंतर पदार्थांच्या तीन अवस्था सांगून प्रत्येक अवस्थेंतील पदार्थांचे धर्म सांगितले. त्या संबंधानें अनेक सृष्ट गोष्टी व मानवी गोष्टी यांची उपपत्ति स्पष्ट केली. शेवटीं उष्णता शास्त्राचें विवरण केलें. या शास्त्राविषयीं शिकवितांना शेंकडो सृष्ट चमत्कार कसे घडतात यांचें विस्तारपूर्वक स्पष्टीकरण केलें.

आतां तुम्हांस कोणी विचारिलें कीं, पाऊस कसा पडतो, दव कसा पडतो, उंच पर्वतांवर बर्फ का असतें, नीळगिरीस जास्त थडी कां असते, राजापूरची गगा अनियमित कां वहाते, समुद्रकांठीं सायकाळीं समुद्राकडून का वारा वहातो, दुसरे वारे कसे उत्पन्न होतात, विमानें कशीं चढतात, बवानें पाणी कसें चढवितां येतें वगैरे शेंकडो गोष्टींचीं कारणें सहज सांगतां येतील. आतां एवढेंच करीत जा कीं, जी गोष्ट पहाल, तिचीं कारणें काय आहेत याचा विचार करा, ज्याविषयीं तुम्हांस समजणार नाहीं त्याविषयीं दुसऱ्यास विचारून समाधान करून घेत चला. याममाणें तुम्हांस एकदां सवय लागली म्हणजे तुमचें ज्ञान साहजीक विशेष श्रम न करता वाढत जाईल.

पूर्वार्ध समाप्त.



LIST OF WORKS CONSULTED.



- Ganot's Physics by Atkinson
Deschanel's Natural Philosophy.
Tyndall On Heat
Cooke's Natural Philosophy.
Cooke's Manual Of Heat.
Tyndall's Natural Philosophy
Stewart's Elementary Treatise On Heat.
Boy's Play book Of Science
Lardner's Natural Philosophy
Tate's Little Philosophet.
Tate's Pneumatics and Hydrostatics. (Gleig's Series)
Tate's Light and Heat (Gleig's Series.)
Stewart's Physics (Science Primer)
Ganot's Popular Natural Philosophy by Atkinson.
Miller's Chemical Physics.
Arnot's Physics
Reid's Physical Geography.
Blanford's Physical Geography.
Page's Physical Geography
Britania Encyclopædia.
Negretti And Zambra's Illustrated Catalogue
Maury's Geographical And Scientific Diagrams.
Balfour Stewart's Physics.
Haughton's Natural Philosophy.

Pepper's Cyclo pædia Of Science.

Maxwell's Theory Of heat

Rossiter's Elementary Hand-book Of Physics

Giekie's Physical Geography.



या पुस्तकांतील विषय शिकण्यास किंवा शिक-
विण्यास जीं यंत्रें वगैरे सामान पाहिजे
त्यांची किमतीसह यादी.



लंडन येथील निग्रेटी आणि झांब्रा यांच्या यादींतील व लंडन
येथील ग्रिफिन आणि सन्स यांच्या यादींतील नवर आणि ड-
ब्लिन येथील येटस आणि सन यांच्या उष्णतेवरील यंत्रांच्या यादी-
तील पृष्ठतरुया व किमती दिल्या आहेत तिहींपैकी कोणाकडेही
सदर सामान लिहिल्या किमतीस मिळेल.

**List of Apparatus necessary for learning
or teaching the subjects treated
in the book.**



Numbers quoted are from the Encyclopedic Cata-
logue of Messrs. Negretti and Zambra of London
and from Griffin's Chemical Handicraft, and the
pages are from the price list of apparatus for experi-
ments in heat of Messrs. Yeates & Son of Dublin.
The apparatus can be ordered out from any one of
them.

| प्रतिकांतिल कल्प. | No of Section in the book. | प्रतिकांतिल पृष्ठ. | No. of Page | यंत्राचें नांव. | Name of Apparatus. | किंमती इंग्रजी यंत्रांत दिल्या- प्रमाणें. | Prices given in Catalogues | इंग्रजी यंत्रांतिल नंबर किंवा पृष्ठ Number or page of the Catalogue. | ज्यांमती यंत्रांतिल नंबर, अतिरिक्त- प्रती घेतल्या आहेत त्यांची नांवां Names of the Company who sell the Apparatus. |
|-------------------|----------------------------|--------------------|-------------|--|--------------------|--|----------------------------|--|---|
| १ | १४ | १४ | १४ | पदार्थाचे जडत्व दाखविण्याचें यंत्र. आ. १ Inertia apparatus with a brass ball, by which a card can be struck from underneath the ball which falls into a cup | ... | ... | ... | 2628 | Negretti and Zambra. |
| २० | १५ | १५ | १५ | लाकडाची सछिद्रता दाखविण्याचा पेल. आ. ३. Filter cup with ground brass plate for showing the porosity of wood | ... | ... | 7 | 2546 | do. |
| २० | १५ | १५ | १५ | सदर पेल्याकरितां काचें पचपात्र. Glass Receiver for ditto. | ... | ... | 3 | 6 | |

| | | | | | | | | |
|----|------|---|-----|-----|-----|-----|------|-----|
| १२ | १९ | वातपूरक यंत्र. आ. ५ अ. | ... | ... | 8 | 6 | 2515 | do. |
| ११ | २० | Condensing Syringe | ... | ... | 6 | ... | ... | ... |
| | | हस्तिदंती चेंडू दोन. | ... | ... | 6 | ... | ... | ... |
| २३ | ३१ | Two Ivory balls | ... | ... | 6 | ... | ... | ... |
| | | * प्रेरकरीकरण दाखविण्याचें यंत्र ... | ... | ... | 6 | ... | 2633 | do. |
| ३० | ४३ | Apparatus to illustrate the parallelogram of forces. | ... | ... | 6 | ... | ... | ... |
| | | काचचे जाड व गुळगुळीत तुकडे. | ... | ... | 15 | ... | 2627 | do. |
| ३३ | ५१ | Adhesion plates of glass with handles. | ... | ... | ... | ... | ... | ... |
| | | रुपया व पीस निर्वात स्थळीं एकदम खाली पडतात हे दाखवि- ण्याचें यंत्र. आ. १३. | ... | ... | 18 | 6 | 2566 | do. |
| | | Apparatus for Guinea and Feather experiment. | ... | ... | 4 | 6 | ... | ... |
| ३५ | ५३ | सदरकरिता काचचें पंचपात्र. | ... | ... | ... | ... | ... | ... |
| | | Glass receiver for ditto... | ... | ... | 4 | 6 | 2578 | do. |
| | | पाण्याची हातवडी. | ... | ... | ... | ... | ... | ... |
| ४४ | ६८ | Water Hammer. | ... | ... | 4 | 6 | ... | ... |
| | | * आटउडचें यंत्र, आ. १७. | ... | ... | 8 | ... | 2635 | do. |
| | | Atwood's Machine. | ... | ... | ... | ... | ... | ... |
| ५२ | ८८ व | गुरुत्वमध्य काढण्याकरिता लोखंडी पत्रे. आ. ३५-३९ | ... | ... | ... | ... | ... | ... |
| | | Iron plates with strings and holes for centre of | ... | ... | ... | ... | ... | ... |

| | | | | | | | |
|----|-----|--|------------|----|-----|----------|--|
| ५३ | १२ | gravity determination | ... | 3 | 6 | | |
| | | शकाकृति लांकडी लुकडे आ. ४९. | ... | | | | |
| ५३ | १३ | Polished wooden cone to show stable and unstable equilibrium | ... | 2 | ... | | |
| | | गुरुत्वमध्यावर पदार्थाची स्थिरता अवलंबून असते हे दाखविण्याचे यंत्र. | ... | | | | |
| ५४ | १५ | Apparatus for illustrating that stability depends on the centre of gravity. | ... | 12 | 6 | 2631 do. | |
| | | तराजू. आ ६४. | ... | | | | |
| ६२ | १०९ | Balance with glass pans in Mahogany box | ... | 10 | 6 | 1914 do. | |
| | | खनिज पदार्थांचे कठिणत्व काढण्याची श्रेढी. | ... | | | | |
| | | Moh's scale of hardness of minerals in a paper box | ... | 5 | ... | | |
| | | Total | £. 19 13 6 | | | | |
| | | Deduct Prices of Articles marked... | 14 14 | | | | |
| | | | £. 4 19 6 | | | | |
| | | जलशास्र. | | | | | |
| ६९ | ११७ | पातळी पाहण्याचे यंत्र. आ. ६९/७०. | | | | | |

| | | | | | | | |
|----|-----|--|-----|-----|-----|------|----------------------------|
| ७९ | १३४ | Spirit Level. | ... | 4 | 6 | 515 | do. |
| | | जलमाता. अ. ८७. | | | | | |
| | | Hydrostatic bellows to illustrate that fluids press equally in all directions and the pressure is in propor- tion to the height of the vertical column of the fluid. | | 2 | ... | 2593 | do. |
| ८० | १३५ | * ब्रह्माचा दाबक, ४०० पौंड जोरचा. अ. ८८/८९. | | 8 | ... | 2612 | do. |
| ८२ | १६१ | Model of Bramah's Hydrostatic press raising 400 lbs. विशिष्टशुद्धत्व काढण्याची कुपी. अ. १०४. | | 8 | 6 | 1833 | do. |
| | | Specific gravity bottle of 500 grains capacity. | | 8 | 6 | | do. |
| ९३ | १६२ | द्रवमापक. अ. १०६. | | 5 | ... | 324 | Negretti and Zambra. |
| | | Hydrometer for fluids lighter than water | | ... | ... | | |
| ९५ | १६६ | केशाकर्षण दाखविण्याच्या नळ्या. अ. १३१/१४. | | ... | ... | | |
| | | A series of six glass tubes for showing capillary attraction... .. | | 10 | 6 | 2608 | do. |
| | | Total. | | 11 | 16 | 6 | |
| | | Deduct Prices of Articles marked. | | 8 | 8 | | |
| | | £. | | 3 | 8 | 6 | |

५०५

वायुशास्त्र.

| | | | | | | | |
|-----|-----|---|-----|----|-----|---------|--|
| १०४ | १८८ | हवा व दुसरे वायु यांचे वजन करण्याची कुपी. आ. १२९। १३०. | ... | 12 | 6 | 2543 | do. |
| १०५ | १८९ | Glass Globe with stopcock to weigh air and other gases. हवेचा दाब दाखविण्याकरितां जस्ताचीं पंचपात्रे अर्धी हसन. आ. १३१. | ... | 9 | ... | Page 12 | Yeates and Son. Negretti and Zambra. |
| १०६ | १९६ | Six tin Cylinders 12in. high and 4 in. in diameter. भारमापकाच्या नळ्या चार. आ. १४२. | ... | 10 | 6 | 2574 | do. |
| १०७ | १९८ | Four empty Barometer tubes. टारिसेलीच्या प्रयोगाचे यंत्र. आ. १४३. | ... | 15 | 6 | 2562 | do. |
| ११४ | २१४ | Torrecellian experiment apparatus with a tall glass receiver. टेरचे वाताकर्षक यंत्र. आ. १४६. Tate's air pump with stopcocks &c. लुकण ठेवण्याची नळी. Tallow holder. | ... | 4 | 4 | 2533 | do. |
| | | | ... | 1 | 6 | | |

| | | | | | | |
|-----|-----|--|-----|-----|-----|------|
| ११७ | २२० | हवेचा दाब दाखविण्याचे काचिचे पंचपात्र. आ. १४८. | ... | 1 | ... | do. |
| ११७ | २२१ | Hand and bladder glass .. | ... | 5 | 6 | |
| ११७ | २२३ | सदर दाखविण्याची अंधे. आ. १५०. | ... | 7 | 6 | |
| १२० | २२६ | Magdeburg Hemispheres. | ... | 20 | 10 | 2587 |
| १२२ | २३१ | कारेजा उडविण्याचे उंच भांडे. आ १५३. | ... | 1 | 5 | 2567 |
| | | Tall fountain glass. ... | ... | 2 | 15 | 2569 |
| | | * हवेची बंदुक. आ. १५८. | ... | 6 | 6 | 2571 |
| | | Air gun... .. | ... | 2 | ... | 1846 |
| | | बंबाचा नमुना. आ. १६५. | ... | ... | ... | ... |
| | | Model for showing the principle of common water pump . | ... | ... | ... | ... |
| १२३ | २३४ | * पाणी उंच उडविण्याच्या बंबाचा नमुना. आ. १६९. | ... | ... | ... | ... |
| १२४ | २३८ | Model of a forcing pump. | ... | ... | ... | ... |
| १२५ | २३८ | * आगी विश्वविण्याच्या यंत्राचा नमुना. आ. १७१. | ... | ... | ... | ... |
| १२७ | २४० | Model of a Fire engine.. | ... | ... | ... | ... |
| | | दोन नलिका यंत्रे. आ. १७२. | ... | ... | ... | ... |
| | | Two glass Syphons. ... | ... | ... | ... | ... |
| | | * कदाचित्क झऱ्याची रचना दाखविण्याचे यंत्र. आ. १७६. | ... | ... | ... | ... |

| | | | | | | |
|-----|-----|---|-----|----|-----|------|
| १२७ | २४२ | Apparatus to show the theory of intermittent springs कुष्णाचा पेल. आ. १७८. | 3 | 10 | ... | 2598 |
| १३० | २४५ | Tantalus cup . * गायलूझाकचे भारमापक. आ. १८१. | ... | 12 | 6 | 2597 |
| १३२ | २५० | Guy-Lusack's Syphon Barometer with vernier and all complete . भारमापकाची वांकविलेली नळी. आ. १८५. | 5 | 5 | ... | 12 |
| १३४ | २५६ | Barometer tube bent at the closed end for experiments on the elasticity of gases . * अनराइड बरामेटर. आ. १८९. | ... | 15 | ... | |
| १३५ | २५७ | Aneroid Barometer... हवेची उचलण्याची शक्ति दाखविण्याचा तराजू. आ. १९१. | 2 | 10 | ... | 19 |
| १३६ | २६० | Cork and weight with balance... वायु सांठविण्याची रबरची पिशवी. आ. १९२. | ... | 15 | 6 | 2572 |
| १३६ | २६० | Gas bag with stopcock and tobacco pipe . हैड्रोजन भरण्याची ३ विमाने. आ. १९३. | ... | 14 | 6 | |
| | | Three Hydrogen Balloons. | ... | 3 | 6 | |

| | | | | | | |
|-----|-----|---|-----|-----|-----|-----|
| १३६ | २६० | उष्ण हवा भरण्याची कागदाची सहा विमाने. आ. १९४. | ... | ... | 6 | ... |
| | | Six Fire Balloons .. | ... | ... | 6 | ... |
| | | Total £. | 52 | 17 | ... | ... |
| | | Deduct Prices marked...£. | 40 | 16 | ... | ... |
| | | £. | 12 | 1 | ... | ... |

उष्णता.

Prices and pages are quoted from Messrs Yeates and son's price list of apparatus for experiments in heat (1875)

| | | | | | | | |
|-----|-----|--|-----|-----|-----|-----|-----------------|
| १४६ | २७३ | पायरोमिटर. आ. १९६. | ... | ... | 4 | 6 | Yeates and Son. |
| | | Bar and gauge Pyrometer ... | ... | ... | 4 | 6 | Page 4 and Son. |
| १४६ | २७४ | फरग्युसनचा पायरोमिटर. आ. १९७. | ... | 1 | ... | ... | do. |
| | | Ferguson's Pyrometer small size .. | ... | 1 | ... | ... | do. |
| १४७ | २७५ | लोखंड आणि पितळ यांचे भिन्न प्रसरण दाखविण्याचे यंत्र; आ १९८. | ... | ... | 7 | 6 | do. |
| | | Apparatus for showing unequal expansion of iron and brass... | ... | ... | 7 | 6 | do. |

| | | | | | | | |
|-----|-----|---|-----|-----|---|---|-----|
| १४८ | २७६ | भरीव पदार्थीचें सर्व दिशानीं प्रसरण दाखविण्याचा गोल व कडे आ. २००. | ... | 10 | 6 | 5 | do. |
| | | Gravesend's Ball and Ring Pyrometer.... | ... | 10 | 6 | 5 | do. |
| १४९ | २७७ | उष्ण पदार्थ शीत होते वेळचा त्याचा जोर दाखविण्याचें यंत्र. आ. २०१. | ... | 8 | 6 | 5 | do. |
| | | Tyndall's bar breaker for showing the force exerted by the contraction of solids. | ... | 8 | 6 | 5 | do. |
| १५० | २७८ | प्रवाहीचें प्रसरण दाखविण्याचा चंबू व नळी. आ. २०२. Flask fitted with a tube and scale 30 in. long for showing the expansion of liquids | ... | 6 | 6 | 6 | do. |
| १५० | २७८ | निरनिराळ्या प्रवाहीचें भिन्नभिन्न प्रसरण दाखविण्याचें यंत्र. आ. २०३ | ... | 6 | 6 | 6 | do. |
| | | Apparatus for showing difference of expansibility of various liquids, set of 5 tubes with bulbs and scales mounted on a stand with hot water trough. ... | 110 | ... | 6 | 6 | do. |
| १५१ | २७९ | वायूचें प्रसरण दाखविण्याकरितां फुगा असलेल्या लांब नळ्या दोन. आ. २०४. Two glass tubes 30 in. long with a large bulb at end for showing expansion of gases.... | ... | 2 | 9 | 9 | do. |

| | | | | | | |
|-----|-----|---|-----|----|-----|----------------------------|
| २६१ | २९१ | उष्णतामापकाचा नमुना, ३० इंच मानपट्टी असलेला. Model Thermometer with scale 30 in. long. फारेनहीटची दोन उष्णतामापके आ २१३. | ... | 6 | 6 | do. |
| | | Two Farenheits Thermometers with paper scales inside glass tubes. अर्धा दहान रिकाम्या उष्णतामापकाच्या नळ्या. | ... | 8 | ... | do. |
| | | Half a dozen empty Thermometer tubes assorted. उच्च उष्णतामान मापण्याचे उष्णतामापक. आ. २१६. | ... | 3 | ... | do. |
| २६३ | २९७ | Maximum Thermometer. नीच उष्णतामान समजण्याचे उष्णतामापक. आ २१६. | 0 | 7 | 6 | Negretti and Zambra. |
| २६३ | २९७ | Minimum Thermometer भेदोष्णतामापक. आ २१७. | 0 | 7 | 6 | |
| २६४ | २९८ | Leshie's Differential Thermometer... | 0 | 12 | 6 | Yeates and Son. |
| २६७ | ३०१ | * अग्निमापक. Daniel's Pyrometer. | 6 | 6 | ... | |
| २७२ | ३०५ | पाण्याचे परमदाढर्ज दाखविण्याचे यंत्र. आ. २१९. Apparatus for showing the Maximum density of water made of Jappaned tin plate with two Thermo- meters complete.... | 0 | 13 | 0 | do. |

| | | | | | | | | |
|-----|-----|--|---|---|---|----|--|-----|
| १७४ | ३०७ | पाणी गोठताना फुगतें तें दाखविण्याकरितां तीन लोखंडी कुप्या. आ. २२० | | | | | | do. |
| | | Three iron bottles for bursting showing that water expands in freezing | 0 | 3 | 0 | 8 | | |
| १८० | ३१३ | दृश्यप्रसरण काढण्याचें उष्णतामापक. आ. २२२. | | | | | | |
| | | Weight Thermometer for determining apparent expansion | 0 | 3 | 0 | 7 | | do. |
| १८२ | ३२० | हवेचें उष्णतामापक. | | | | | | |
| | | Air Thermometer large size. | 0 | 5 | 0 | 9 | | do. |
| २०६ | ३६४ | पाणी निर्वात स्थळीं कमी उष्णतामानावर कढतें हें दाखविण्या करिता चबू व बूच. आ. २३६. | | | | | | |
| | | Apparatus consisting of glass flask and cork for showing that water boils at reduced temperature in a vacuum. | 0 | 1 | 6 | 13 | | do. |
| २०६ | ३६६ | * दाब वाढविल्यानें वाफेचें उष्णतामान व जोर वाढतो हें दाख- विण्याचें यंत्र. आ. २३८. | | | | | | |
| | | Marcets Apparatus with thermometer, stop-cock &c., for showing temperature and elastic force of high pressure steam. | 3 | 3 | 0 | 13 | | do. |

| | | | | | | | |
|-----|-----|--|-----|-----|-----|----|-----|
| २१६ | ३८४ | निर्वात स्थळी पाणी थिजविण्याचें लेस्लीचें पात्र. आ २३९. Leslie's Apparatus for freezing water in vacuo. | ... | 9 | .. | 11 | do. |
| २१७ | ३८४ | उल्यास्टनचा क्रायफोरस आ. २४० Wollaston's Cryophorus, large size. | 0 | 7 | 6 | 11 | do. |
| २१८ | ३८७ | * वाताकर्षक यंत्रानें बर्फ करण्याचें केरीचें यंत्र. आ. २४२. Carre's machine for freezing water, with pump complete. | 10 | ... | ... | 11 | |
| २१९ | ३८७ | * द्रवरूप आमोनियाच्या बाष्पभवनांनै बर्फ करण्याचें केरीचें यंत्र. आ. २४३. Carre's machine for freezing water by the evaporation of Liquefied Ammonia. | 15 | ... | ... | 11 | |
| २२० | ३८९ | पाण्याची अहाकार स्थिति दाखविण्याचें यंत्र. आ २४५/२४६. Apparatus for showing spheroidal state of water, two basins, 3 in. diameter of German Silver, with stand, pipette &c. | ... | 12 | 6 | 13 | |
| २२२ | ३९५ | निर्वात स्थळी पाणी तत्काळ कढतें आणि निरनिराळ्या पदार्थांच्या वाफेच्या आगीं निरनिराळा जोर असतो हें दाखविण्याचें यंत्र. आ २४९ Apparatus for showing the elastic force of differ- | | | | | |

| | | | | | |
|-----|-----|--|-----|-------|-----|
| २२६ | ४०४ | ent vapours and that liquids boil instinctly in a vacuum. | 1 | 1... | 9 |
| | | वाफेचा जोर मोजण्याचे यंत्र आ. २५२. | | | |
| २२९ | ४१० | Gay-Lussac's Apparatus for measuring the tension of vapours with graduated cylinder and thermometer complete. . . . | 3 | 13... | 9 |
| | | ओल्या व कोरल्या बॉड्यांचे द्रवमापक. आ. २५३. | | | |
| २३० | ४१३ | Dry and wet bulb Hygrometer * | 0 | 7 6 | 10 |
| | | * देनियलचे द्रवमापक; आ. २५४. | | | |
| २३३ | ४१६ | Daniell's Hygrometer for ascertaining the temperature of the dew point by evaporation of ether. . . . | 2 | 2... | 10 |
| | | भिन्नभिन्न धातूंची भिन्नभिन्न वाहकशक्ति दाखविण्याचे यंत्र. | | | |
| २३३ | ४१९ | Apparatus for showing different conducting powers of metals and solids, 4 bars of different metals fixed on the ring of wood with cups for phosphorus. | 0 | 6 0 | 14 |
| | | सदर प्रयोगाचे दुसरे यंत्र. आ. २५७. | | | |
| २३४ | ४२३ | Ingenhousz's Apparatus with water trough for the same purpose. . . . | ... | 10... | 15 |
| | | तासच्या जळीचा तुकडा. आ. २६०. | | | do. |

| | | | | | | | |
|-----|-----|--|-----|---|-----|----|-----|
| 234 | ४२६ | Iron wire gauze for experiments with flame one square foot. | 0 | 4 | 0 | 15 | do. |
| | | छेन्हीचा रक्षक दिवा, आ. २६१. | | | | | |
| | | Davy's safety lamp. | 0 | 7 | 6 | 15 | do. |
| | | द्रवाचा प्राणव्यापार दाखविण्याचे पात्र. आ. २६६. | | | | | |
| 246 | ४५० | Glass vessel for heating water with saw dust. | 0 | 6 | 0 | 16 | do. |
| | | निरनिराळ्या रंगाच्या बाजूचा कथिलाचा चौकोनी ढवा | | | | | |
| | | Leshie's cube made of tin plate with sides differing in colour. | 0 | 4 | 0 | 17 | do. |
| | | विसर्जित उष्णतेचें उष्णतामान अंतरप्रमाणें कमी होतें हें दाखविण्याचे यंत्र. | | | | | |
| 248 | ४५९ | Vessel of tin plate 10 in. square and 3½ in. (in.) deep for holding water to illustrate the law of inverse squares | ... | 6 | ... | 17 | |
| | | दोन अतरगोल आरसे उष्णतेचें परावर्तन दाखविण्याकरिता. आ. २७७. | | | | | |
| 249 | ४६१ | Two Parabolic concave mirrors on stand 12 in. dia. | 2 | 2 | 0 | 17 | |
| | | धातूची भिन्नभिन्न उष्णताधारक शक्ति दाखविण्याचे यंत्र. आ. २८१. | | | | | |

| | | | | | | |
|-----|-----|--|---|----|---|----|
| २६१ | ४८८ | Tyndall's Apparatus for illustrating the different capacity of metals, stand, 5 balls, and mould for wax complete. | 0 | 12 | 6 | 18 |
| | | * बर्फ वितळून विशिष्टघनता काढण्याचें यंत्र. आ. २८२. | | | | |
| २६१ | ४८८ | Lavoisier's Calorimeter. ... | 3 | 0 | 0 | 19 |
| | | तद्वर प्रयोगाकरिता साधें यंत्र. | | | | |
| | | Bunsen's Calorimeter. ... | 0 | 3 | 0 | 19 |
| | | Total . | | | | |
| | | £ 58 13 3 | | | | |
| | | Deduct prices of Articles marked... | | | | |
| | | £ 14 2 3 | | | | |

ज्या नावांवर खुणा केल्या आहेत त्या सुद्धा एकदर यंत्राची किंमत १४३ पौंड आणि ३ पेन्स होते. परंतु खुणा केलेली यंत्रे अगदीं अवश्य आहेत असें नाहीं खुणा केलेलीं यंत्रे शिवाय करून बाकी यंत्रांचीं एकंदर किंमत ३४ पौंड ११ शिलिंग आणि ३ पेन्स होते. इतकीं यंत्रे व ग्रिफिनची छोटी रसायनशाला किंमत ५२ शिलिंग इतकी सामुग्री असली ह्मणजे बहुतेक विषय शिकण्यास, प्रयोग करण्यास अडचण येणार नाहीं. यंत्रे विकत घेण्यास अडचण पडू नये म्हणून यादी शिस्तदार समजण्याजोगी इंग्रजींत व मराठींत दिली आहे. ज्यांपाशीं माझ्या रसायनशास्त्राचे शेवटीं दिलेल्या यादीतील सामान असेल त्यांस दुसऱ्या सामानाची गरज लागणार नाहीं. जे पदार्थ सहजीं मिळण्याजोगे आहेत व जीं यंत्रे येथें करतां येण्याजोगीं आहेत तीं यादींत घातलीं नाहींत.

WORKS BY THE SAME AUTHOR.

| | Rs. as ps |
|---|-----------|
| Manual of Elementary Chemistry Volume | 1—2—0 |
| I Non-metallic Elements | .. 2—8—0 |
| Do. Vol. II. Metals. | |
| (In the press) | |
| Elementary Treatise on Physics, Vol. I. | 3—0—0 |
| Elementary Treatise on Physics, Vol. II. | |
| Part I (Frictional Electricity) | ... 0—8—0 |
| Do Vol II Part II | |
| (Magnetism & Galvanic Electricity) | 1—0—0 |
| History of Kolhapur & S M States Vol I | 1—8—0 |
| History of Kolhapur & S M. States Vol II | |
| & Vol III | |
| (In the Press) | |
| History of Kolhapur & S. M. States. Vol IV. | 1—8—0 |
| Short History of the Kolhapur Principality | 0—3—0 |
| Geography of the Kolhapur Principality. | 0—1—6 |
| Geography of Kolhapur & S. M. States . . | 0—2—0 |

याच ग्रंथकाराची पुस्तके.

रु आ पै.

रसायनशास्त्र, पूर्वार्ध अधातुरूपतत्वे. २-८-०

----- उत्तरार्ध धातुरूपतत्वे (छापत आहे).

सृष्टिशास्त्र पूर्वार्ध. ३-०-०

----- उत्तरार्ध भाग १. घर्षणजन्य विद्युलता.... ०-८-०

----- भाग २. चुंबन आणि रसायनजन्य
विद्युत्. १-०-०

कोलापूर आणि कर्नाटक प्रांतातील राज्ये व संस्थाने
यांचा इतिहास पूर्वार्ध भाग १. १-८-०

सदर----- भाग २ छापत आहे.

सदर----- उत्तरार्ध भाग २.

(पटवर्धन मुधोळकर, रामदुर्गकर नरगुंदकर वगैरे
आणि सावनूरकर यांचा इतिहास). १-८-०

कोलापूरप्रांताचा सक्षिप्त इतिहास. ०-३-०

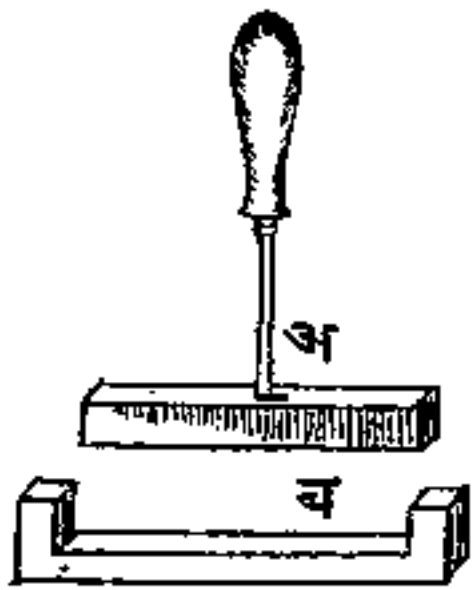
कोलापूर प्रांताचे वर्णन. ... ●... .. ०-१-६

कोलापूर व कर्नाटक प्रांतातील संस्थानांचे वर्णन.... ०-२-०

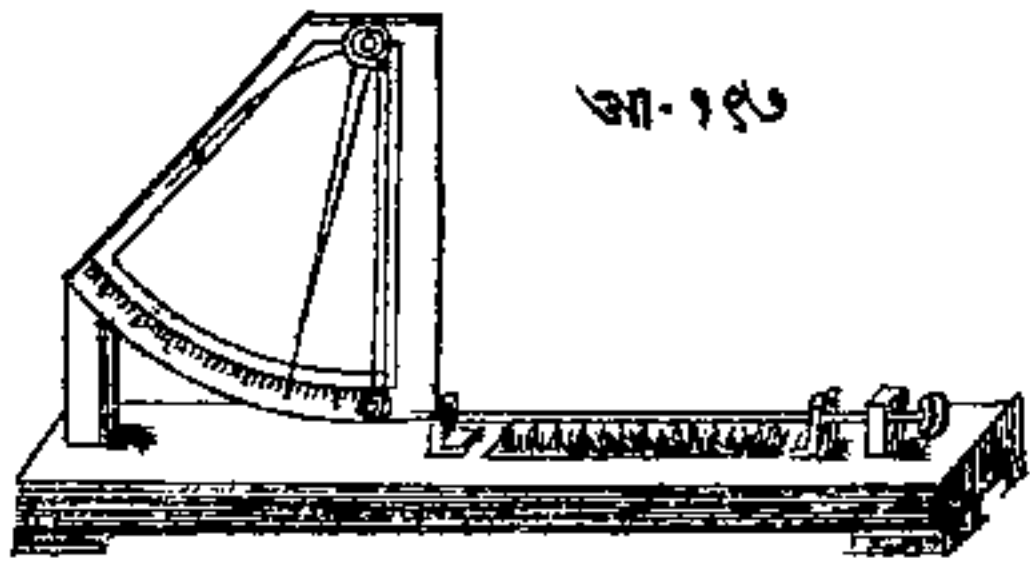
‘ सदर पुस्तके करवीर येथे विकत मिळतील.’

(६५)

आ-१९६ ए



आ-१९७



आ-१९८

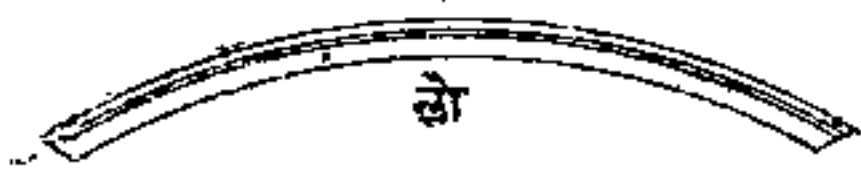
पि



डो

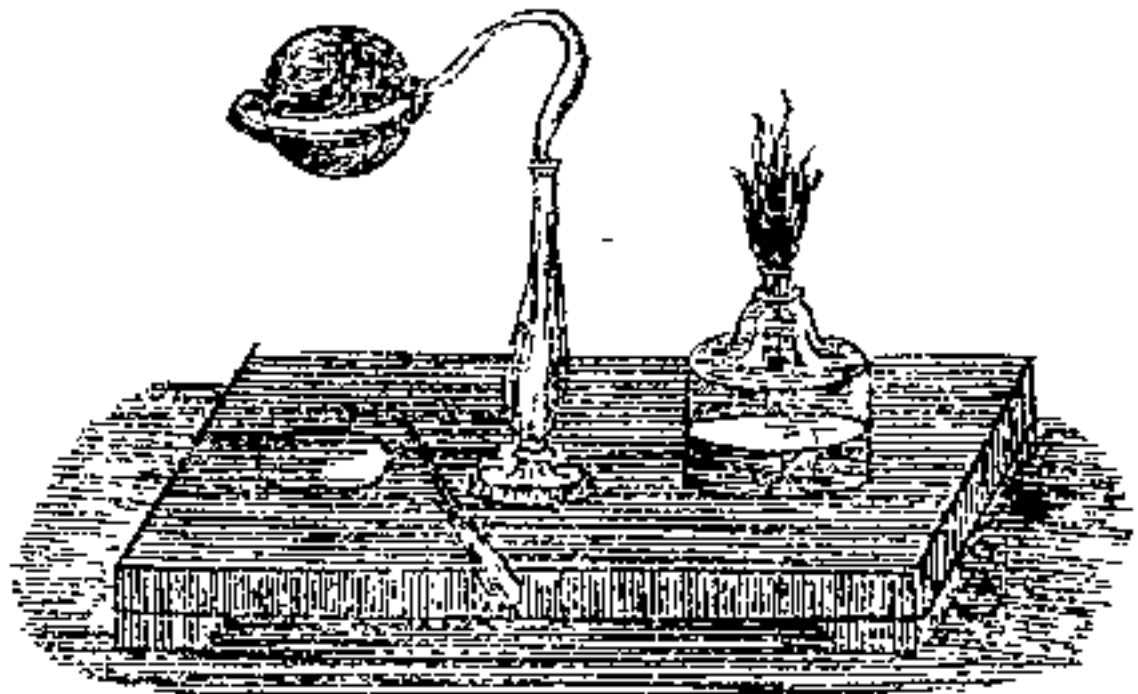
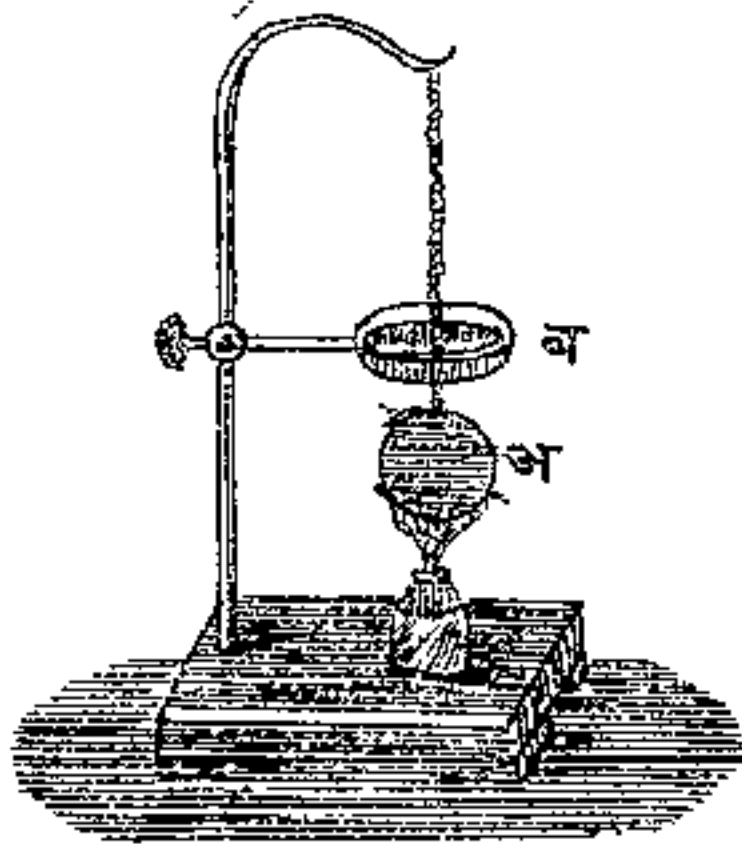
आ १९९

पि

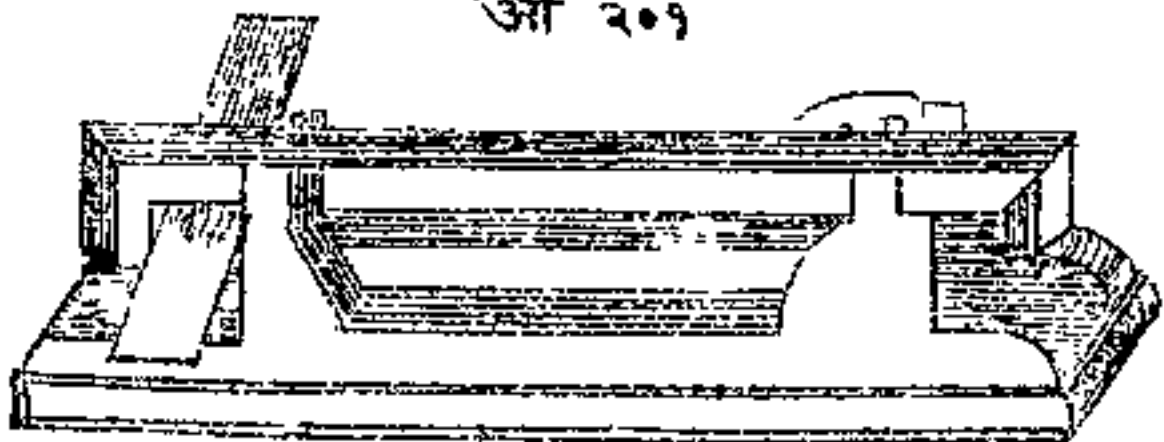


डो

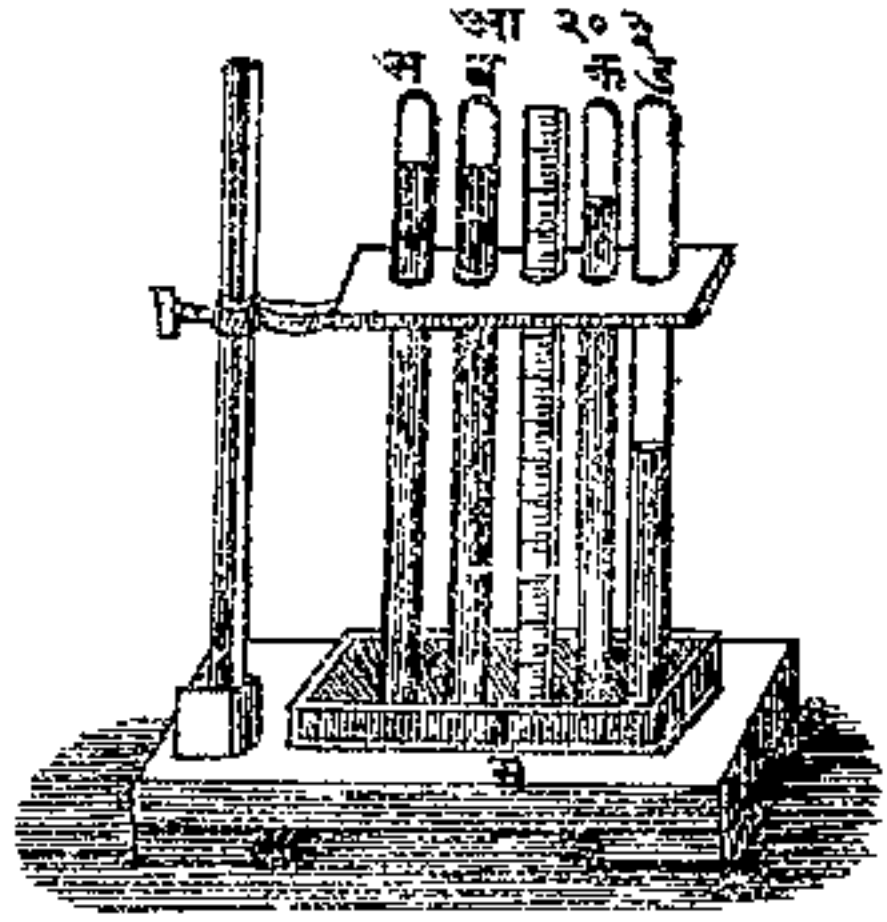
आ- २००



आ २०१



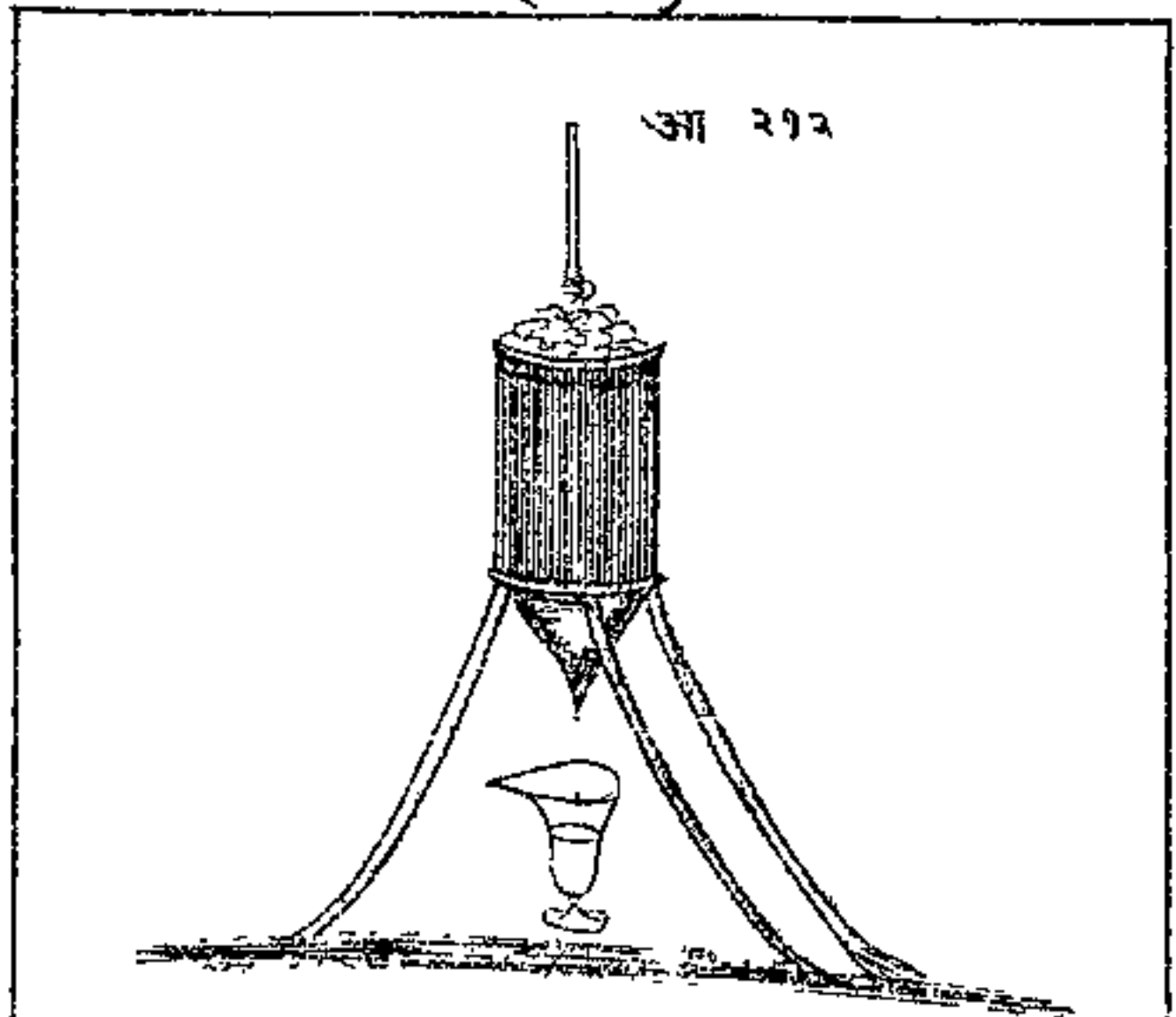
आ २०२



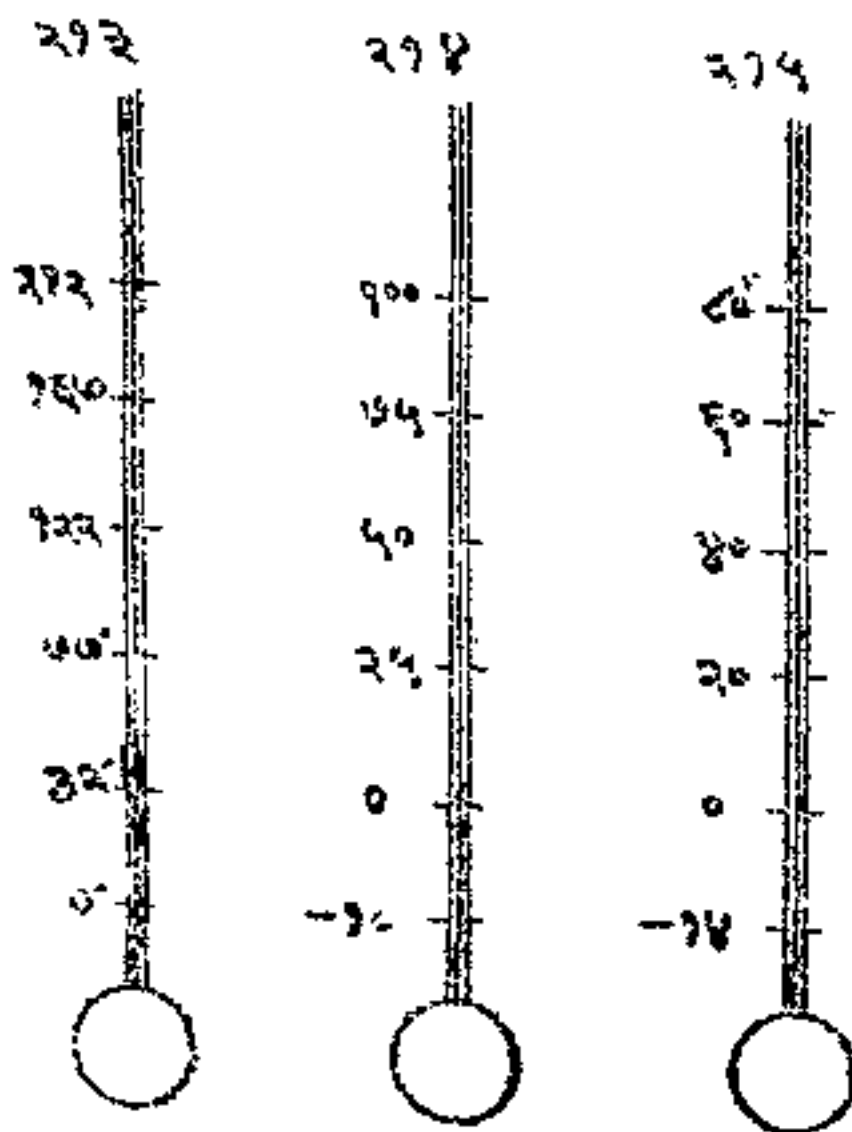
आ-२०५

आ-२०४

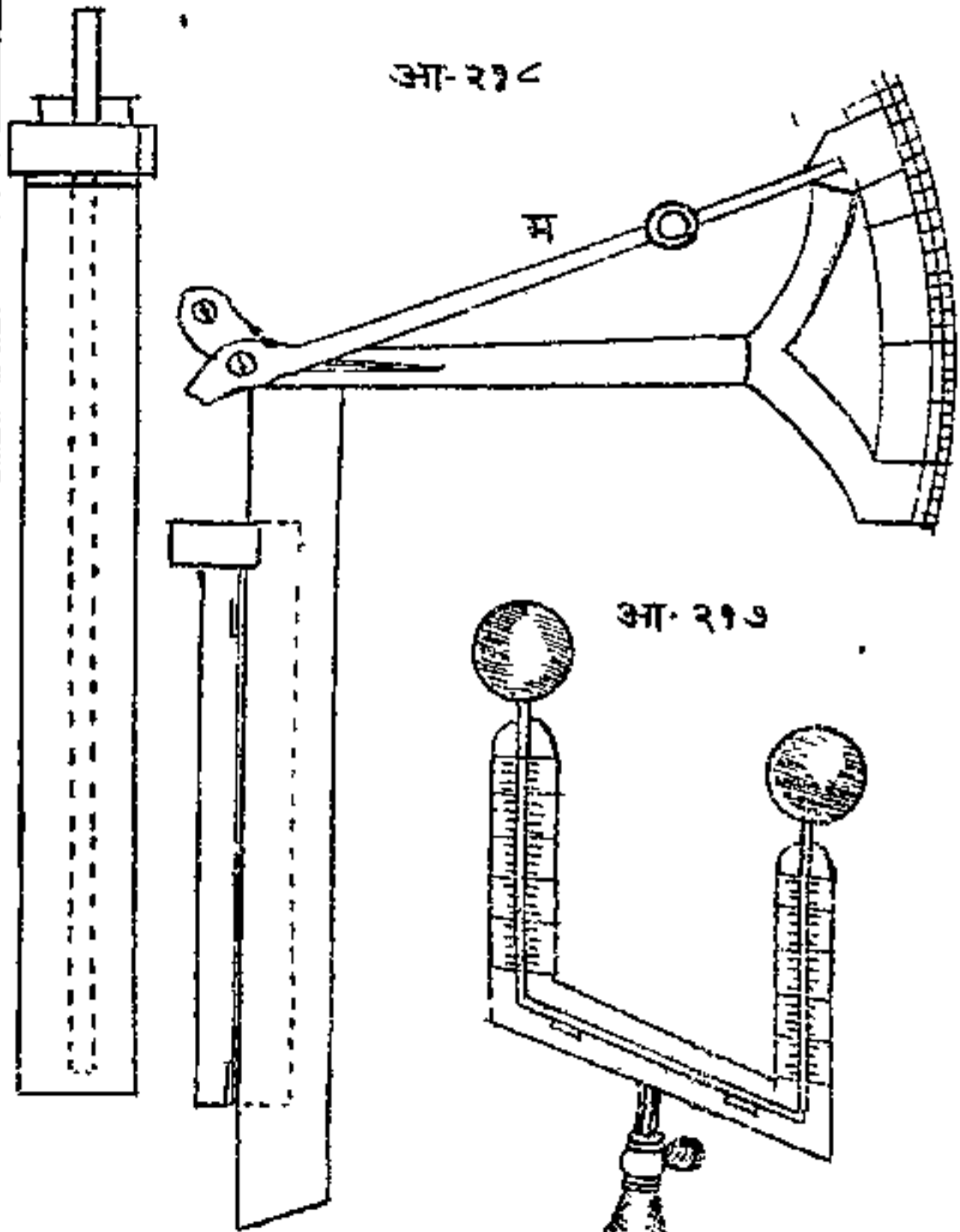




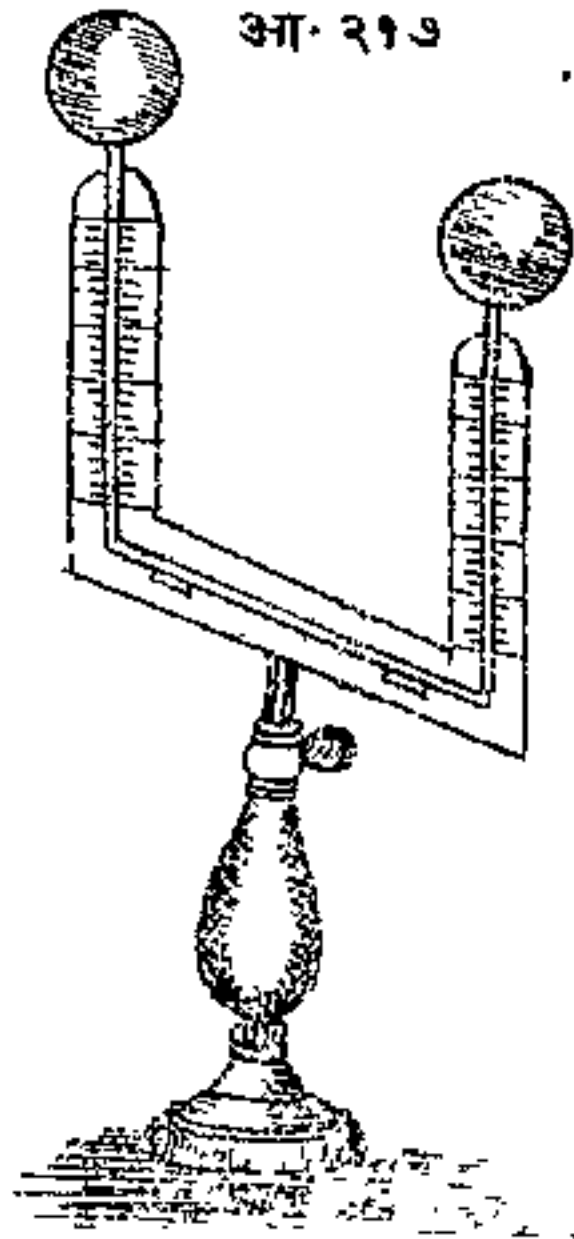
आकृती



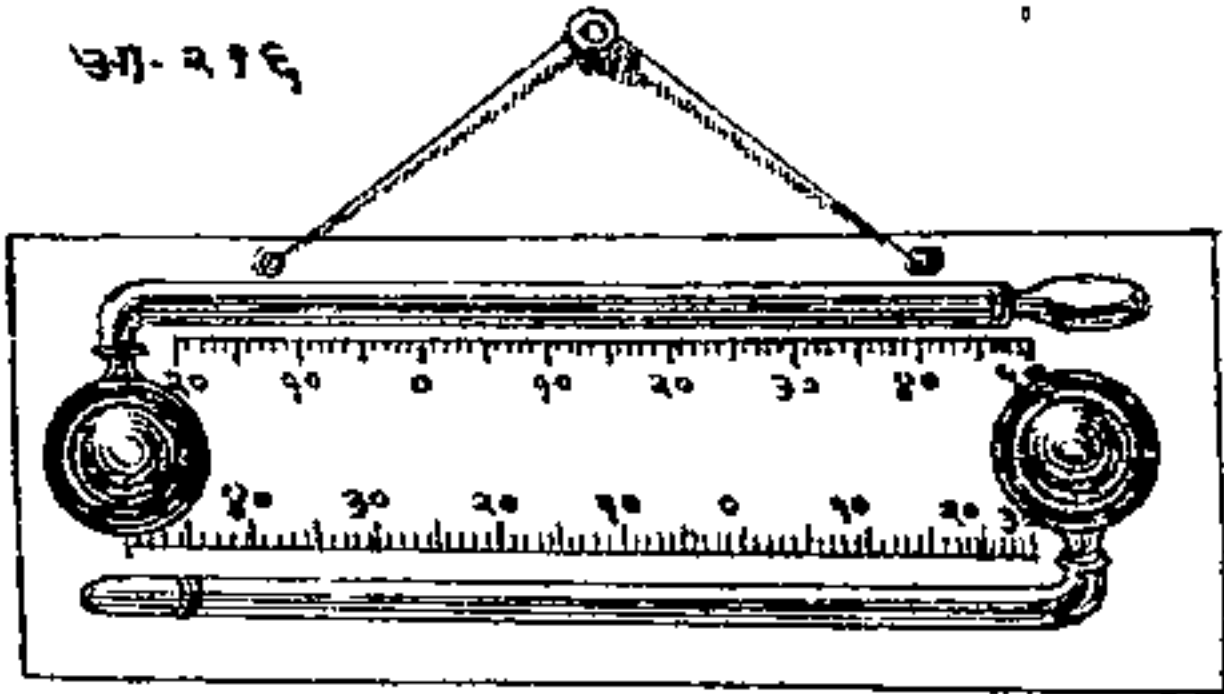
आ-२१८



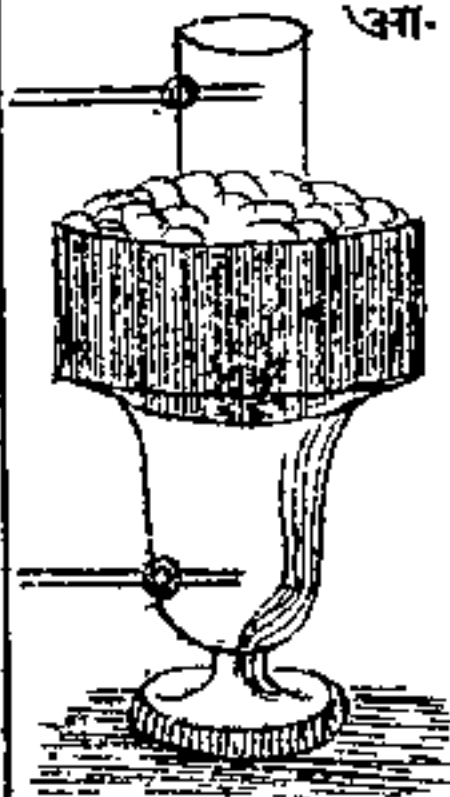
आ-२१९



आ-२१६



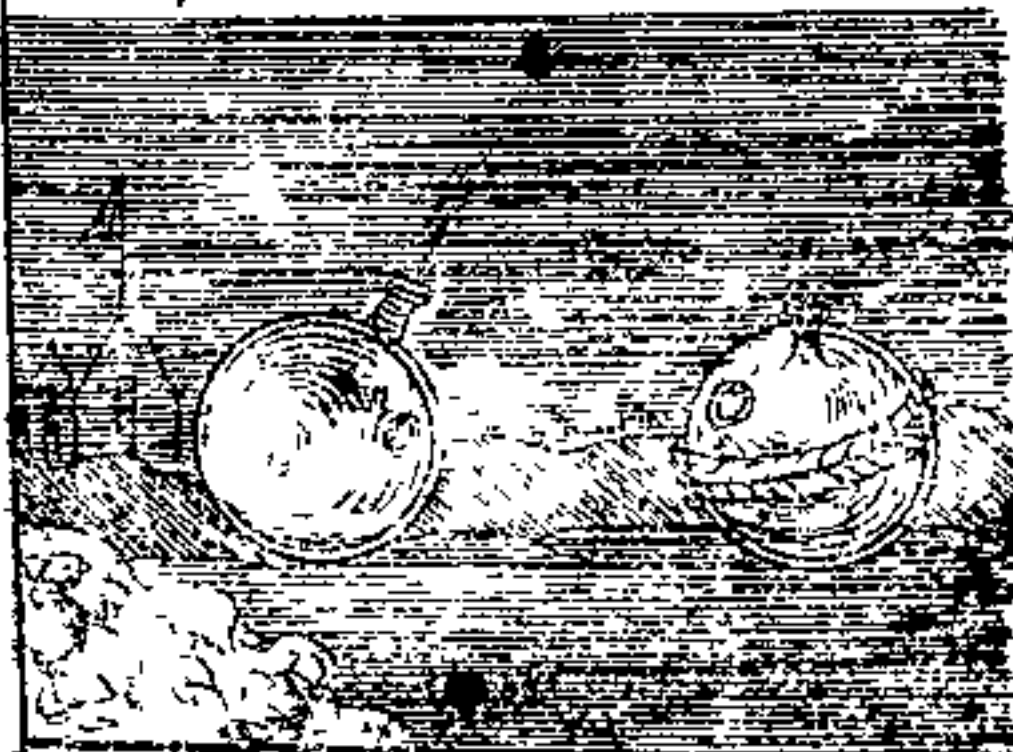
आ-२१९



आ २२०



आ २२१



आ. २२२ पृ. ३१३



आ २२३ पृ. ३२१

२३३° ४५१°

पृ. ३२५

पृ ३२६

आ. २२४

आ २२५

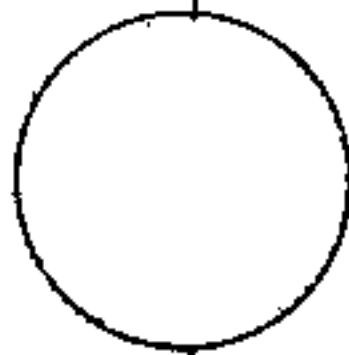
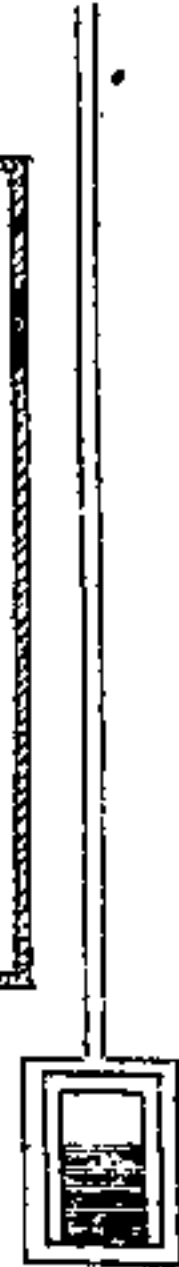
आ २२६

१००° २१२°

३२°
-३८°

१४° २२°

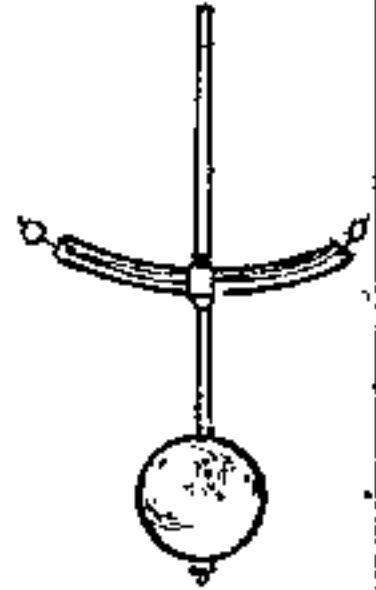
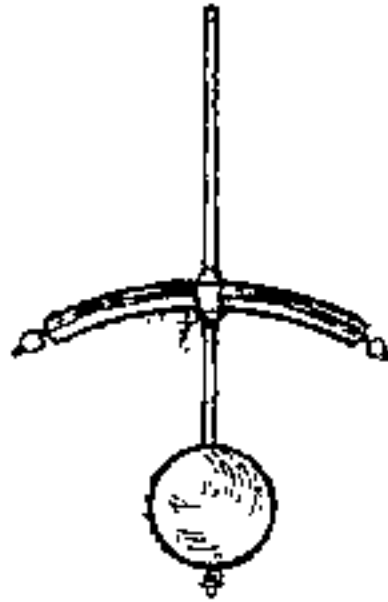
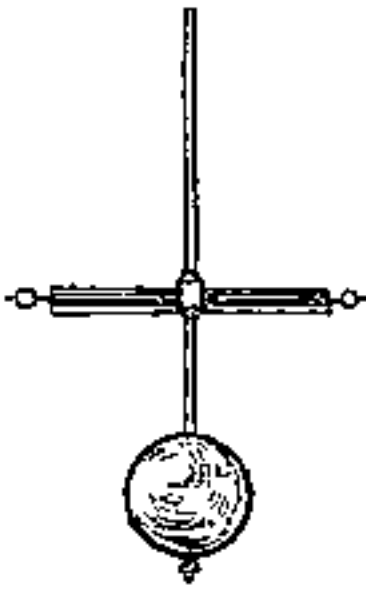
-२४१° -४६१°



आ-२२७

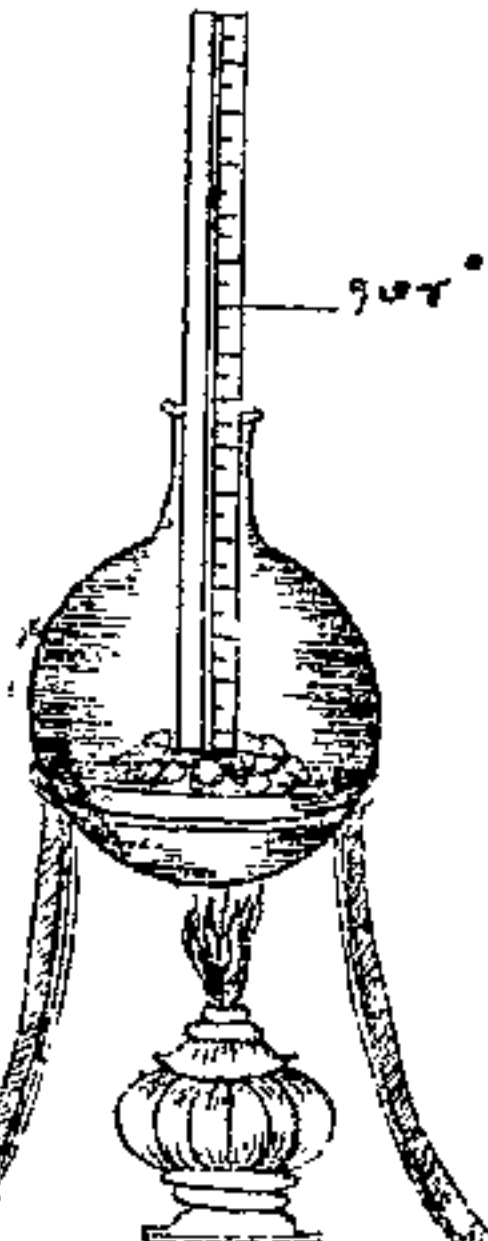
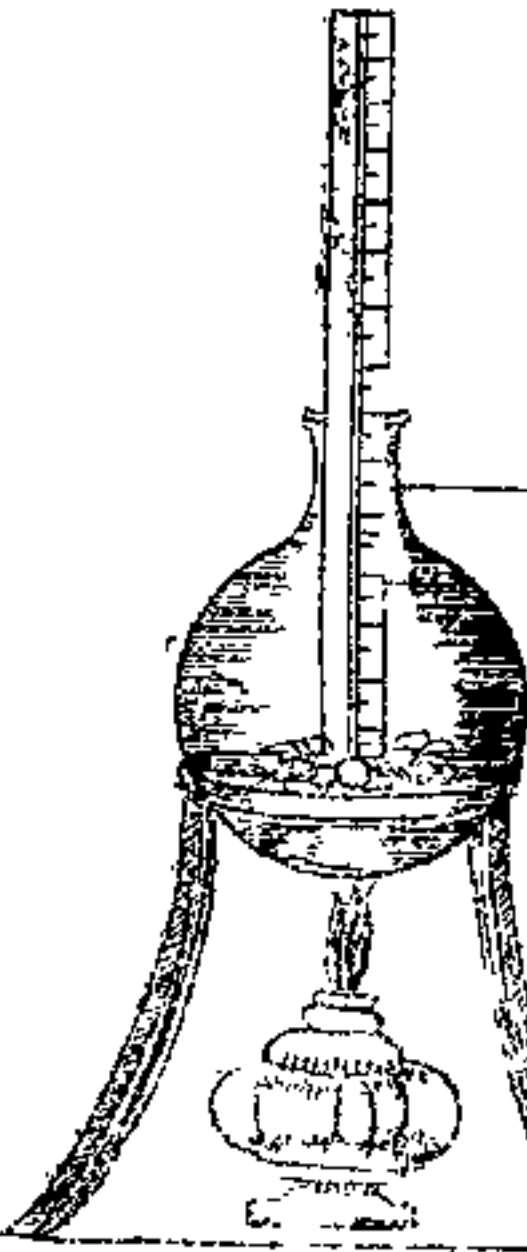
आ-२२८

आ-२२९

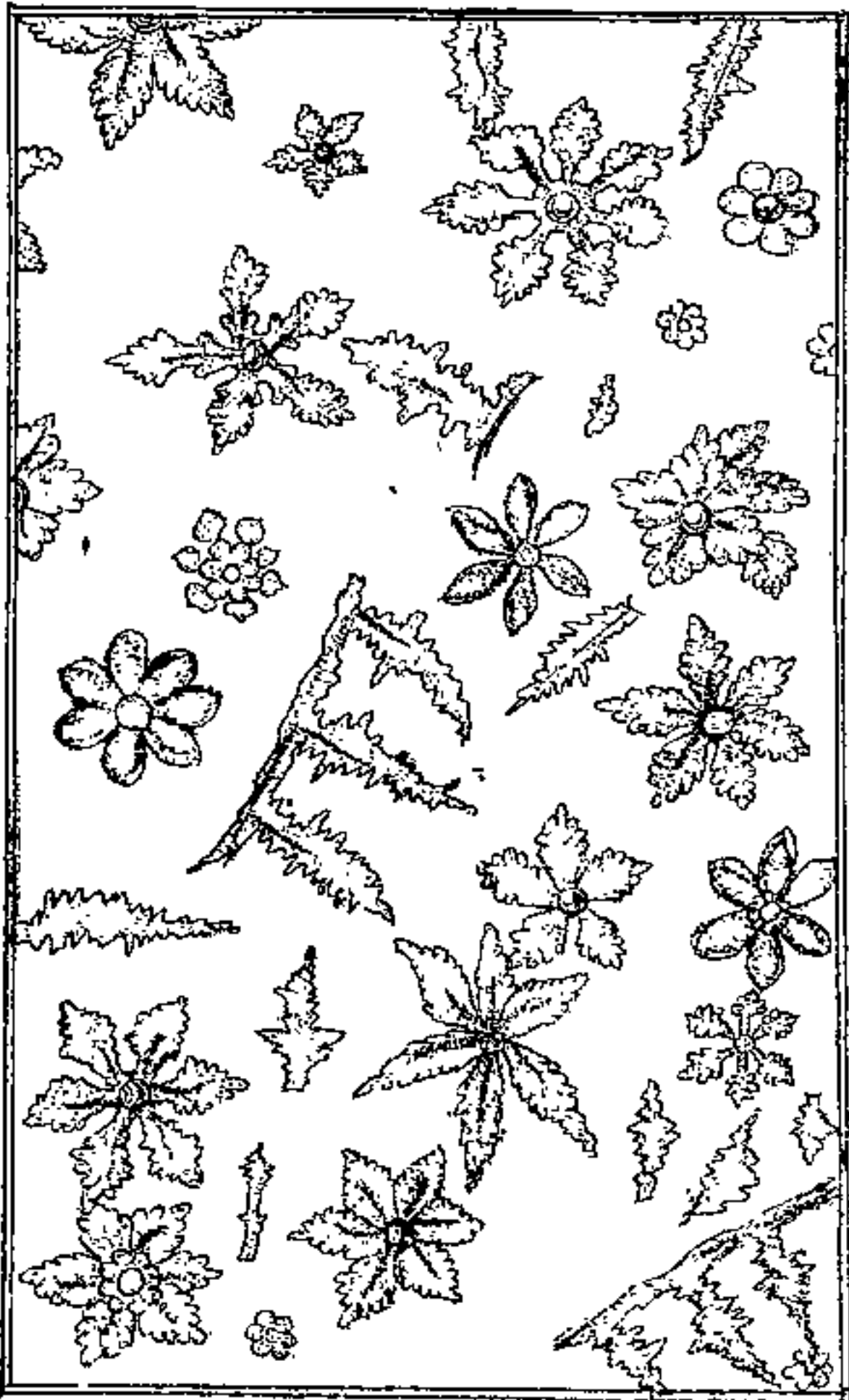


पृ-३२६

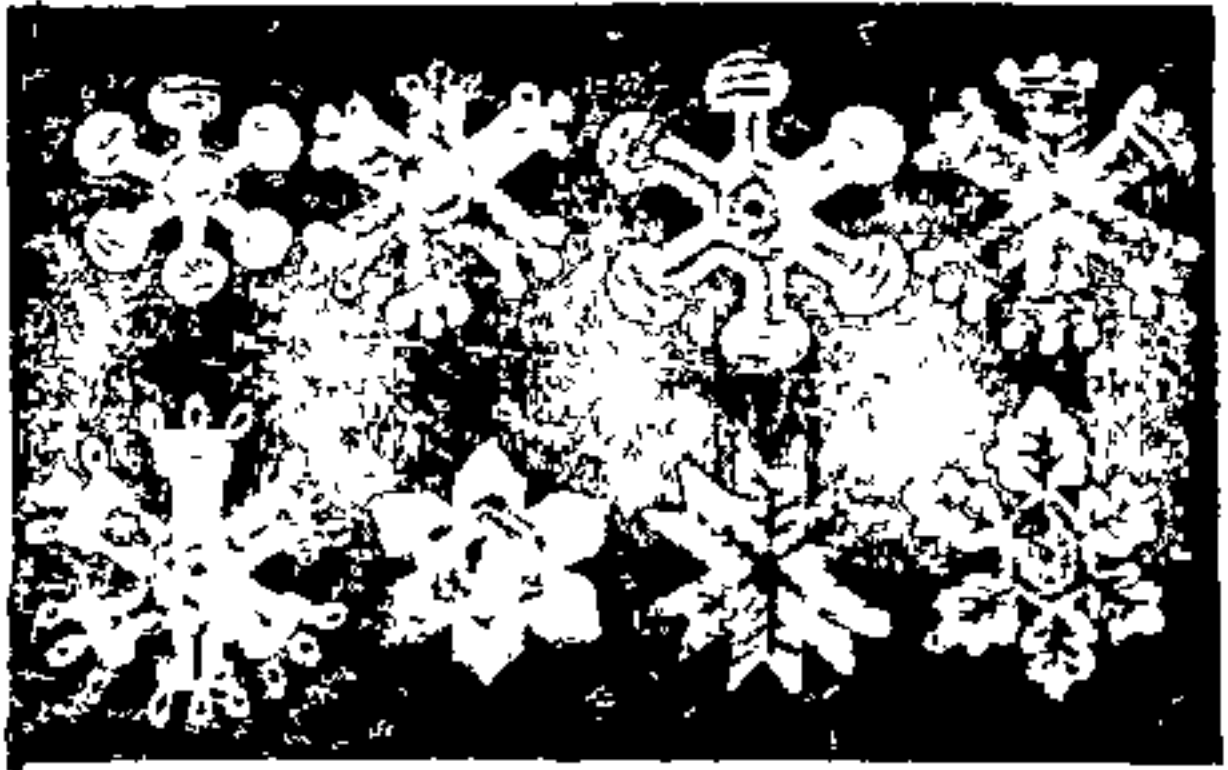
आ-२३० पृ-३३२



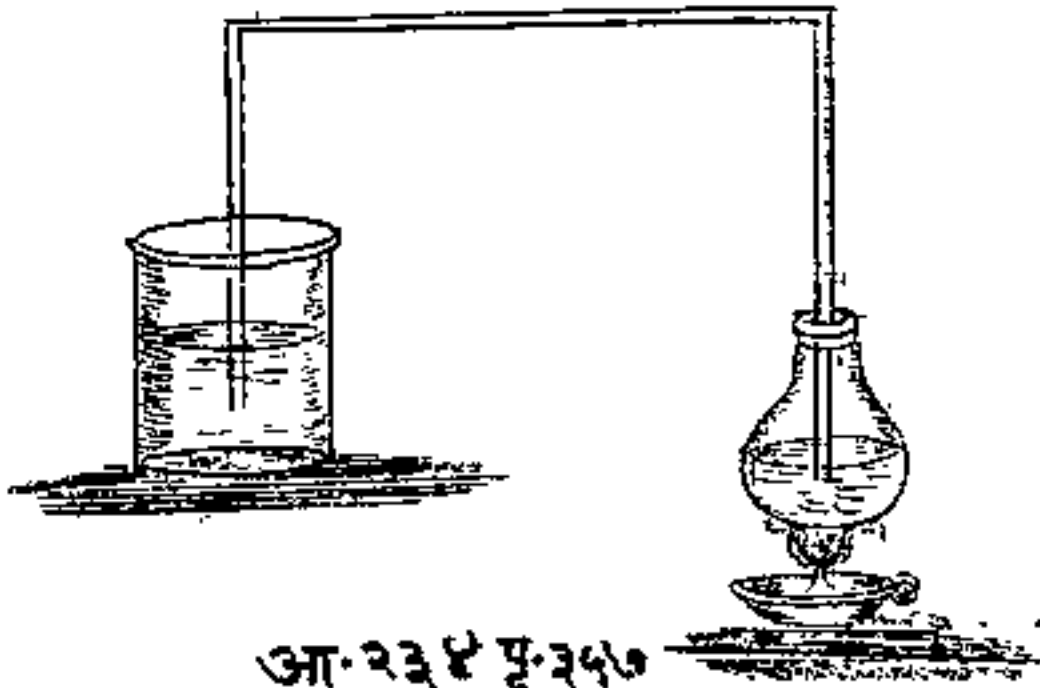
आ. २३१ पृ. ३४८



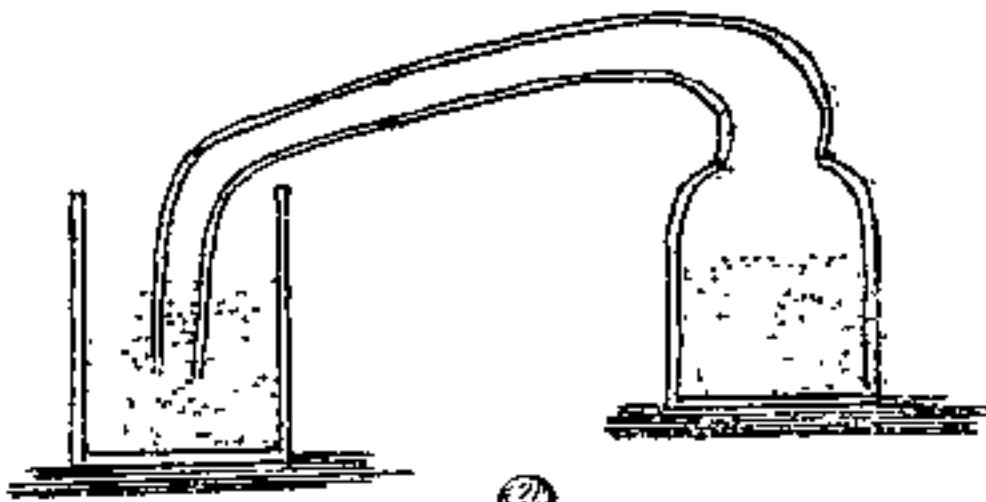
आ. २३२ पृ. ३४६



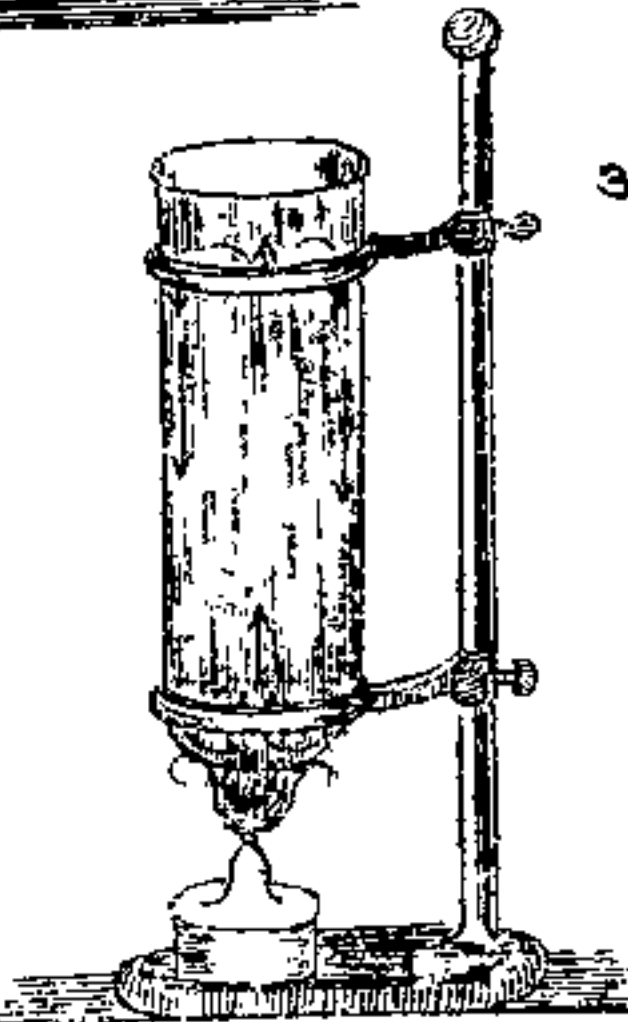
आ. २३३ पृ. ३५४



आ. २३४ पृ. ३५७

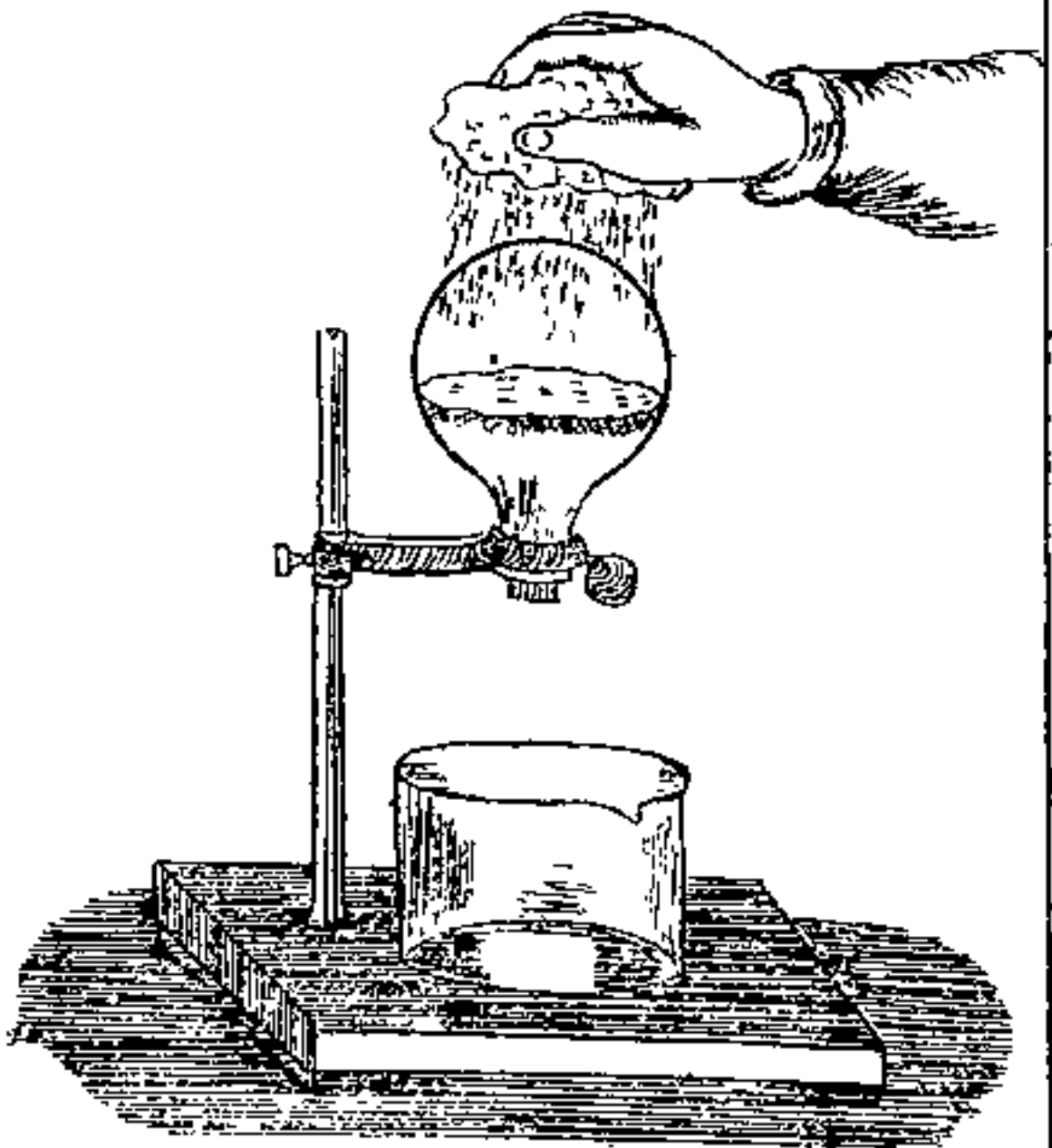


आ. २३५ पृ. ३६०

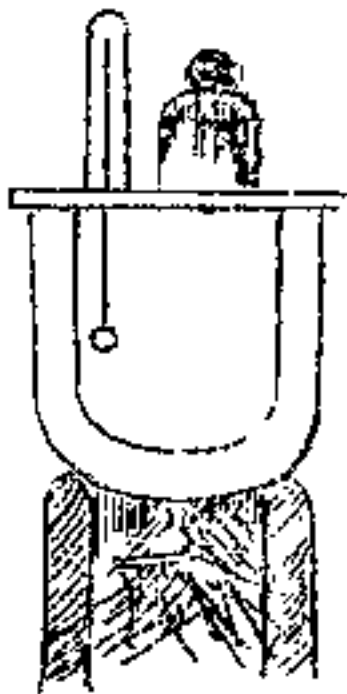


(६२)

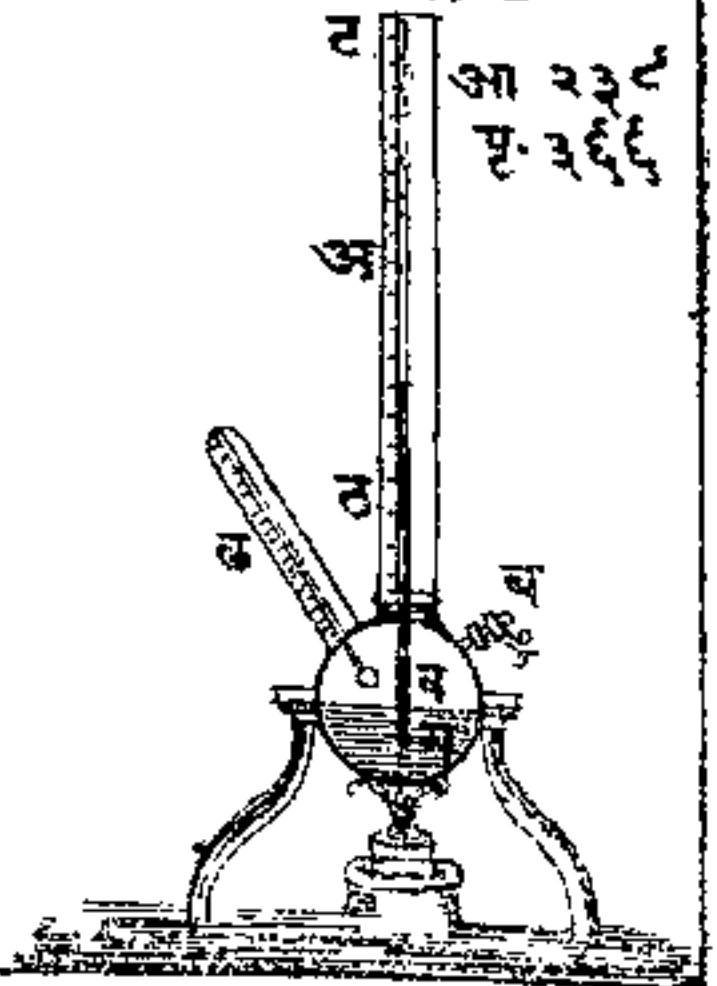
आ २३६ पृ. ३६४



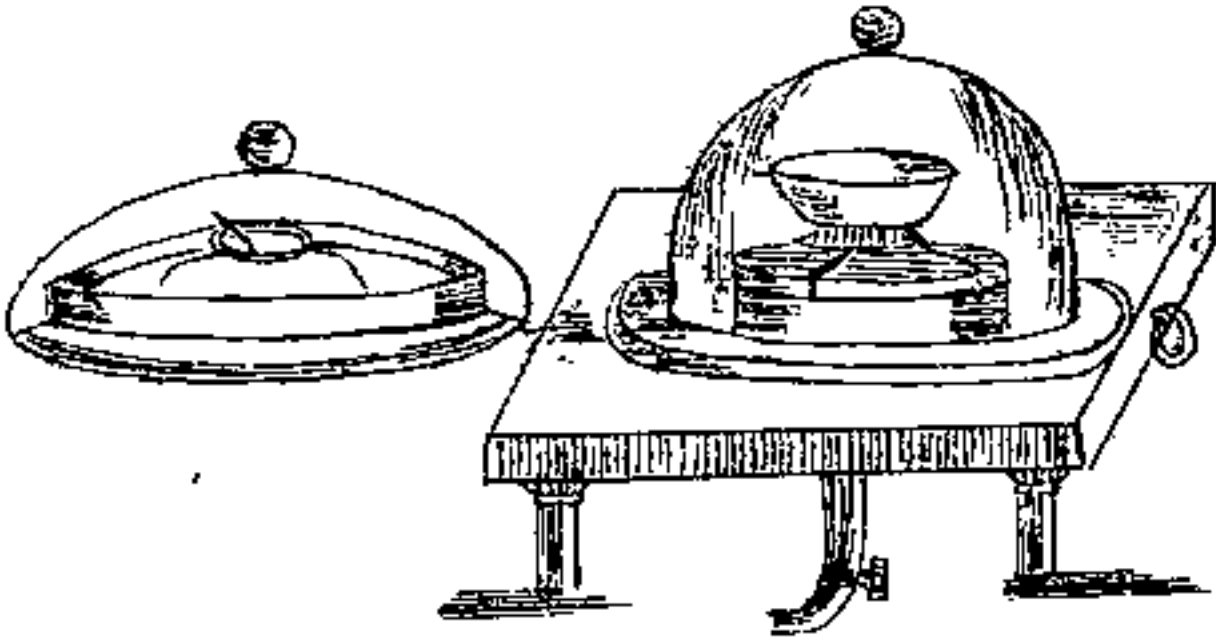
आ-२३७ पृ. ३६५



आ २३८
पृ. ३६६



आ-२३९ पृ-२८४



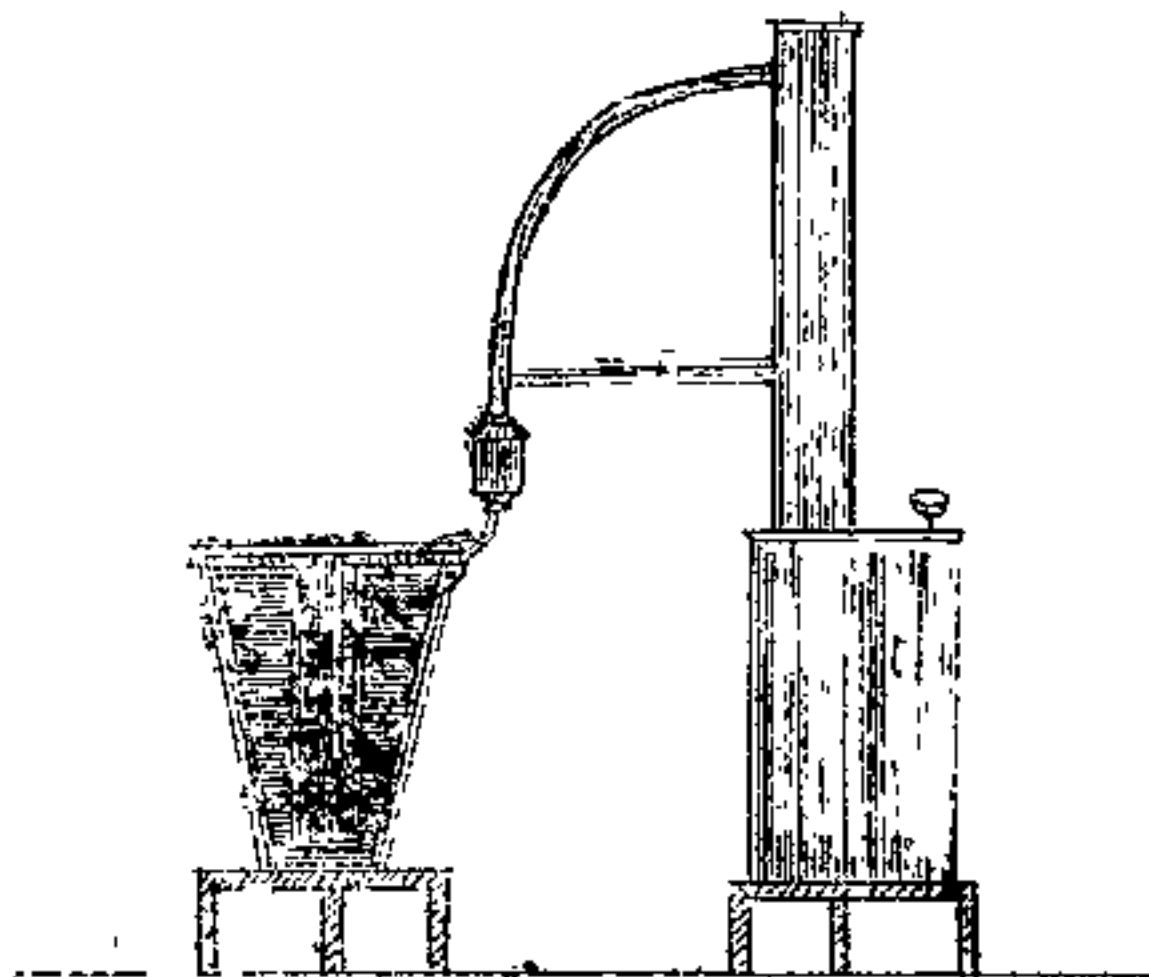
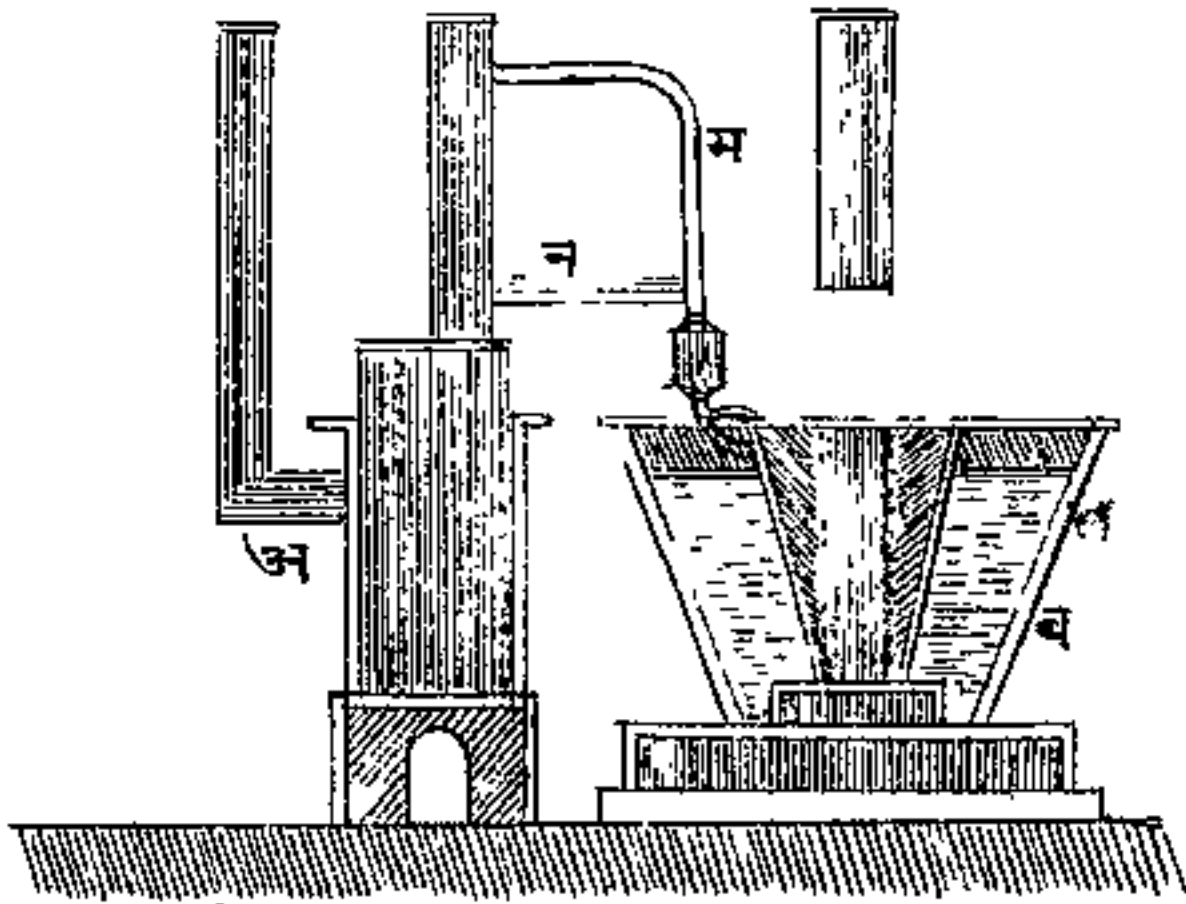
आ-२४०
पृ-३०५

आ-२४१
पृ-३०५



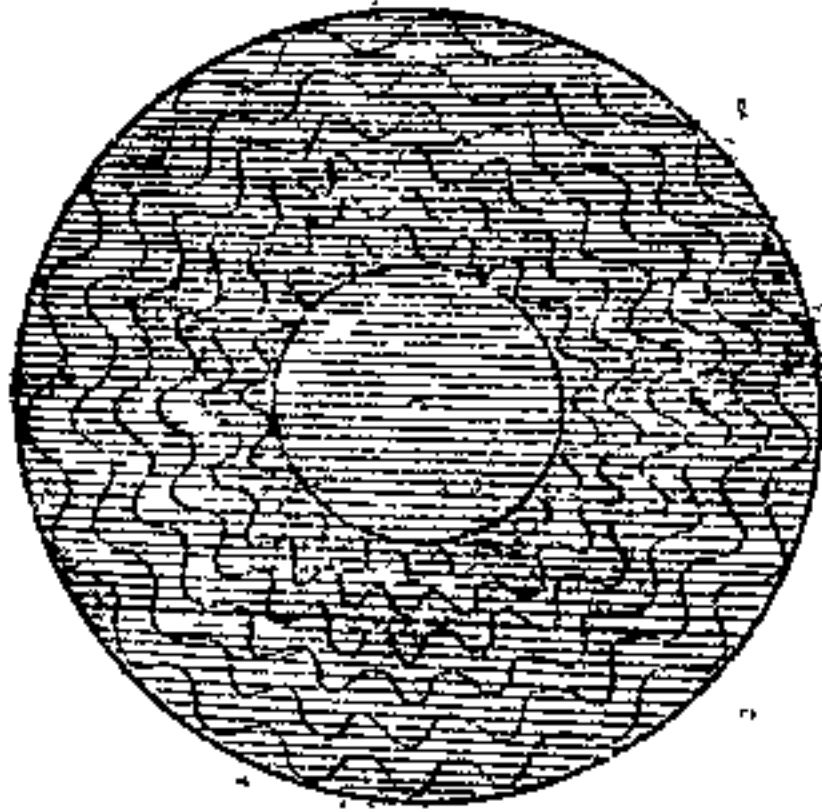
(८५)

आ २४३ पृ. ३८८

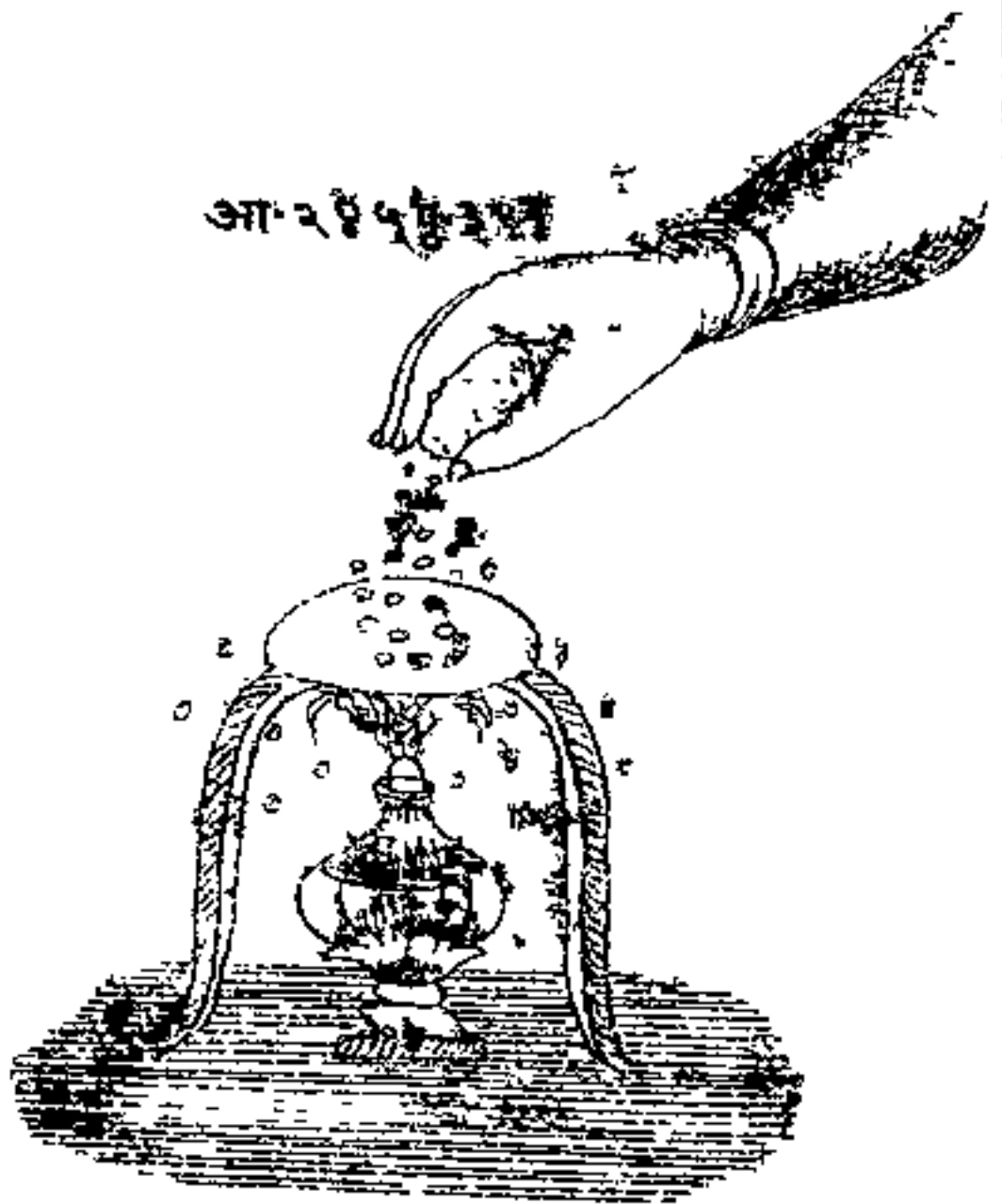


(८६)

आ. २४४ पृ. ३९०

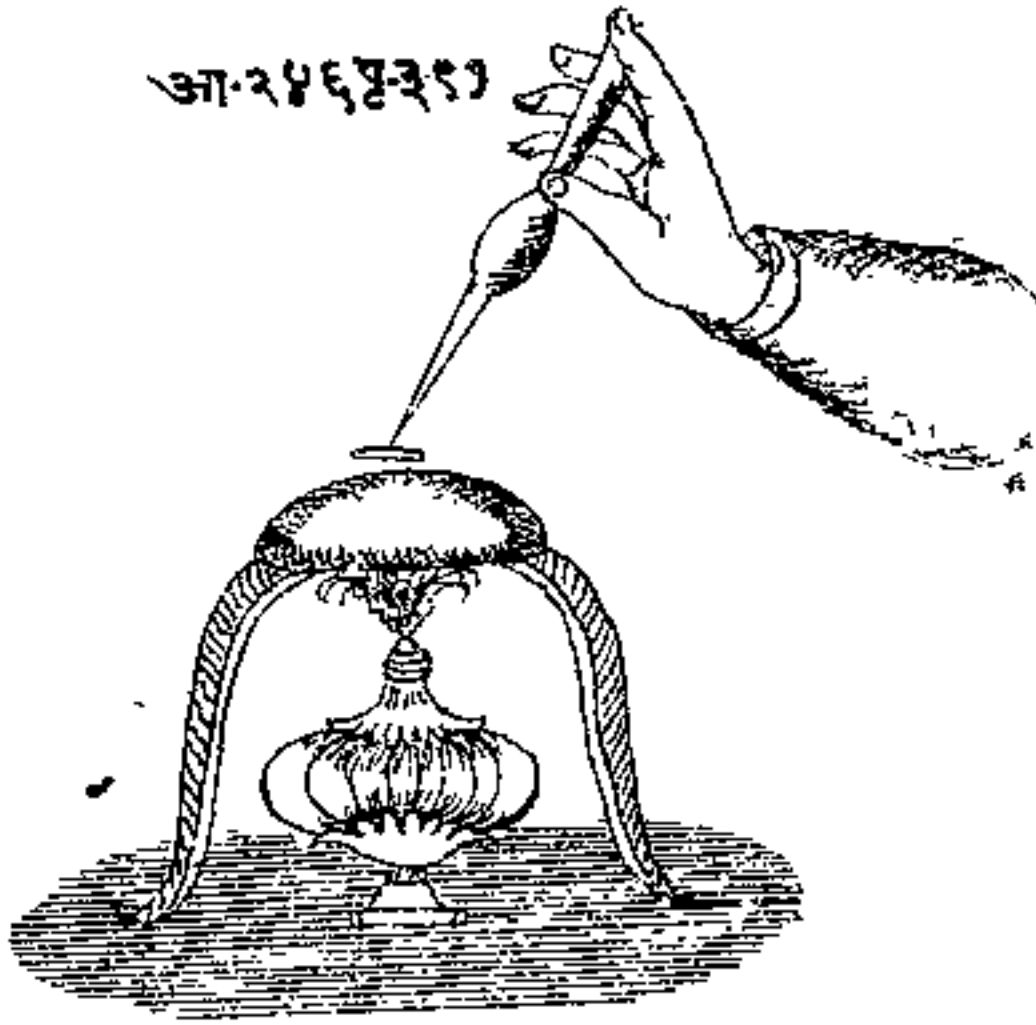


आ. २४४ पृ. ३९०

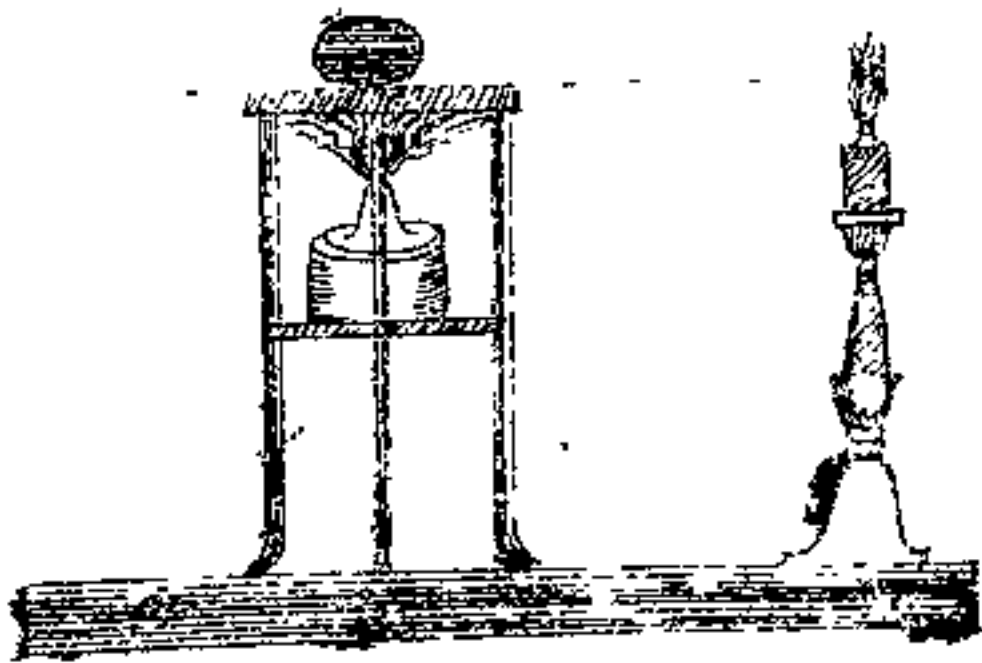


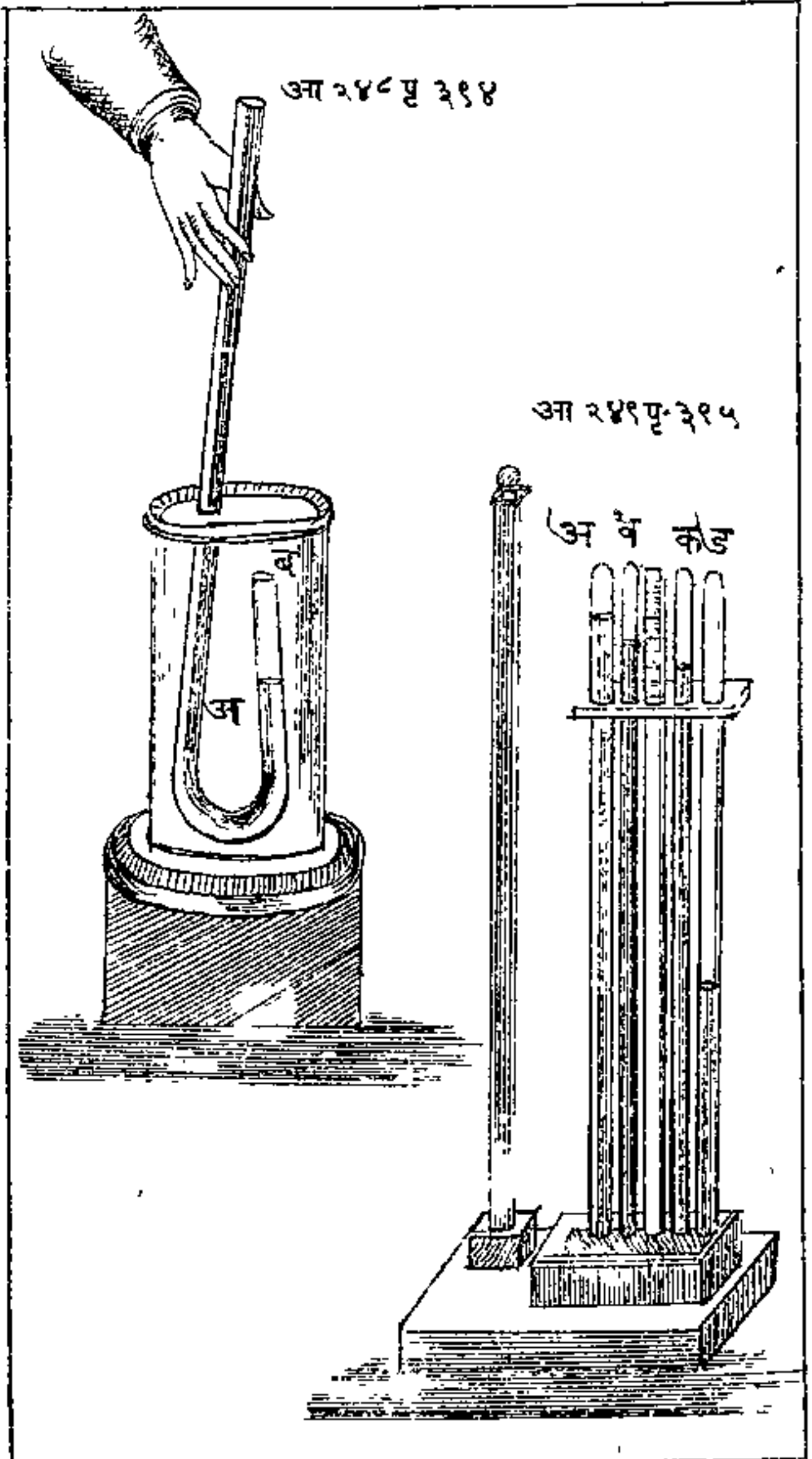
(८७)

आ. २४६ पृ. ३९१

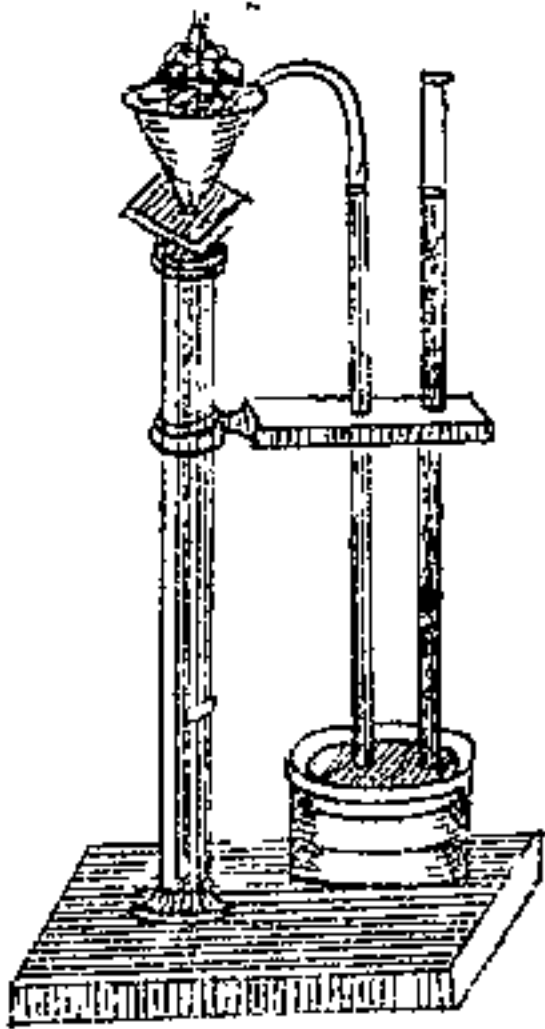


आ २४७ पृ. ३९१

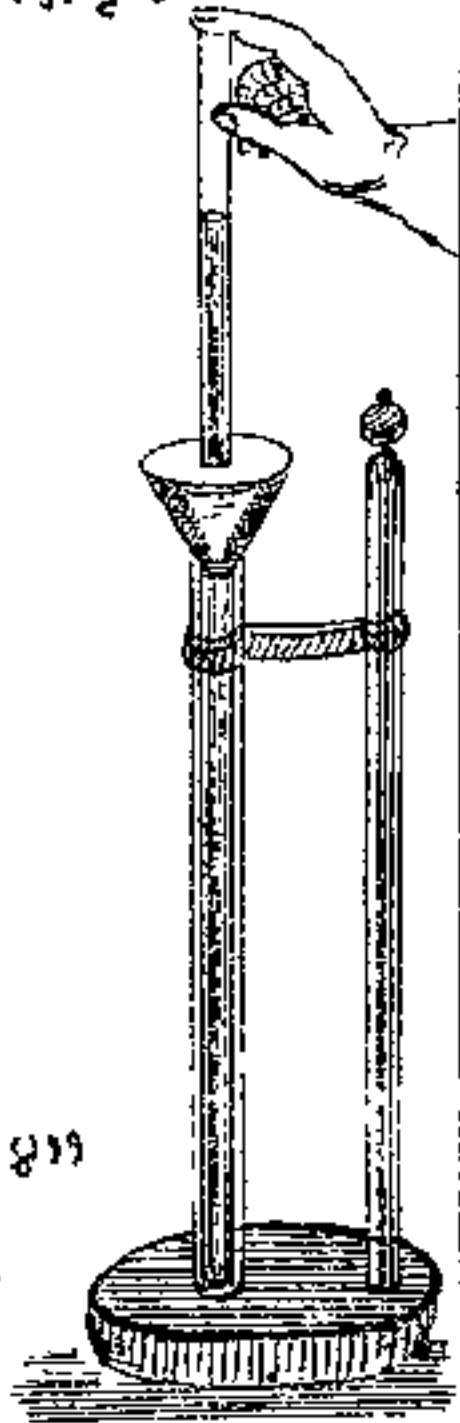




आ २५० पृ ४००

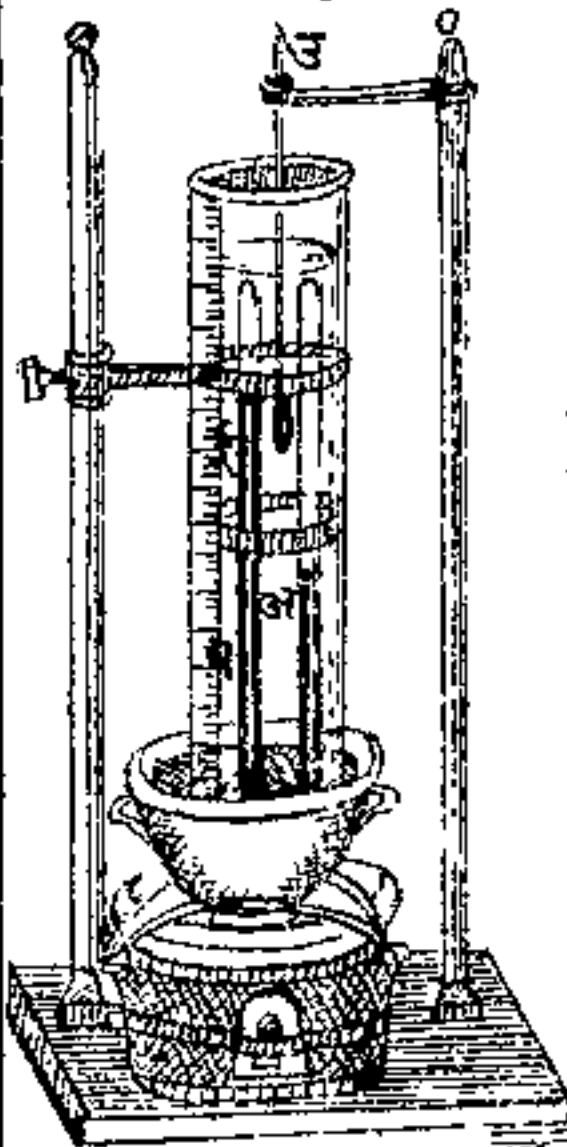


आ-२५१ पृ ४०१

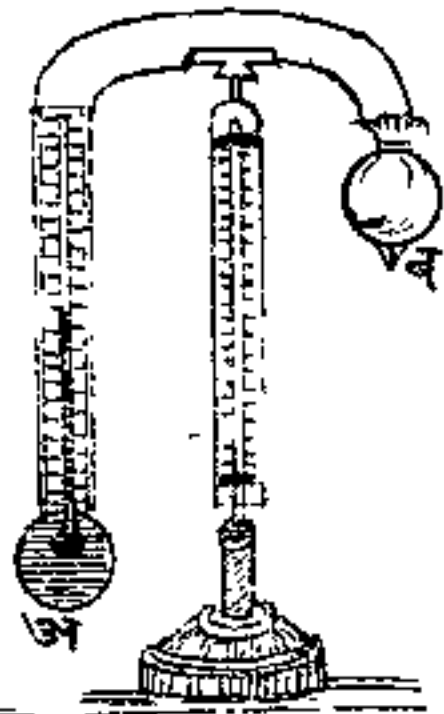


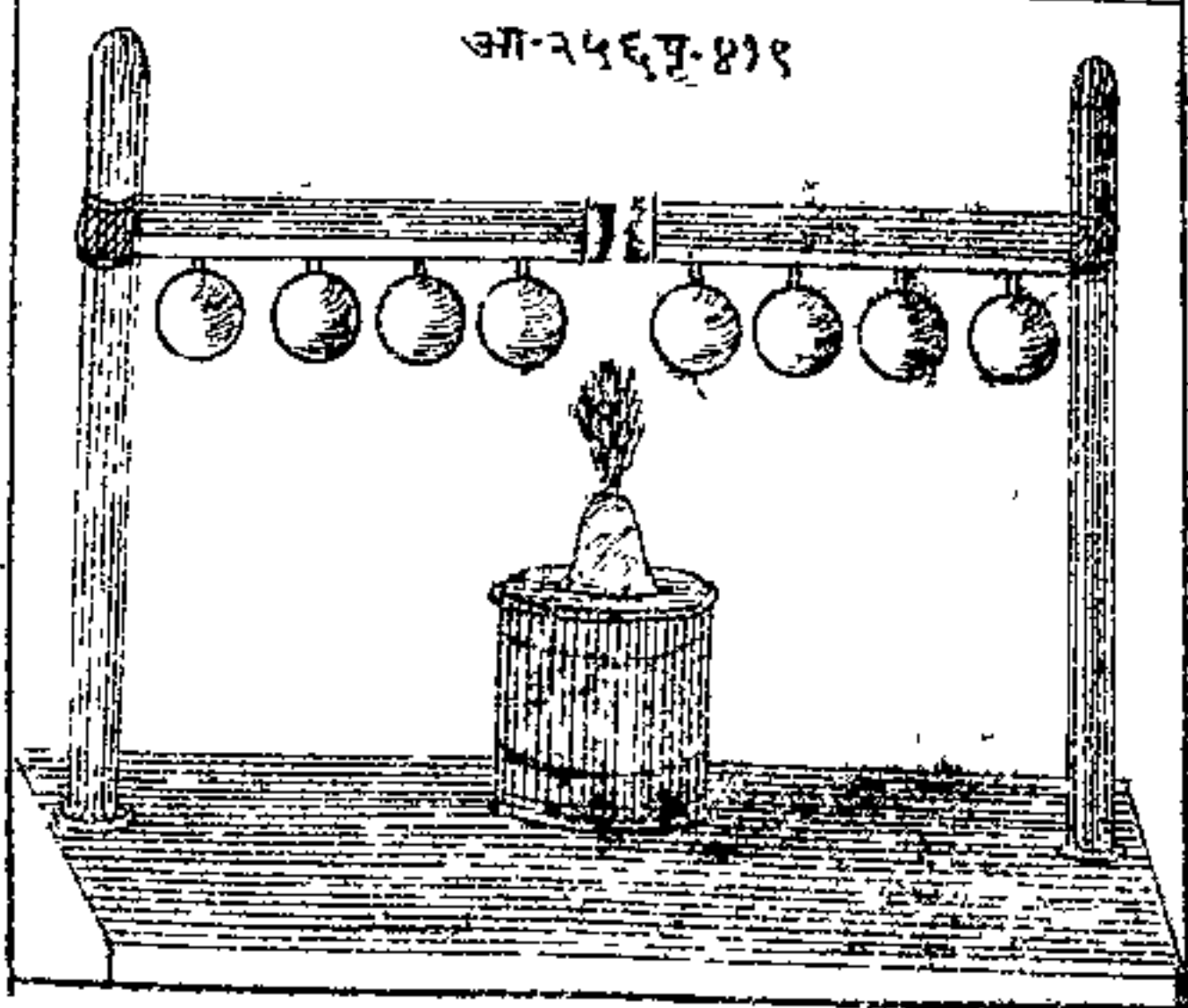
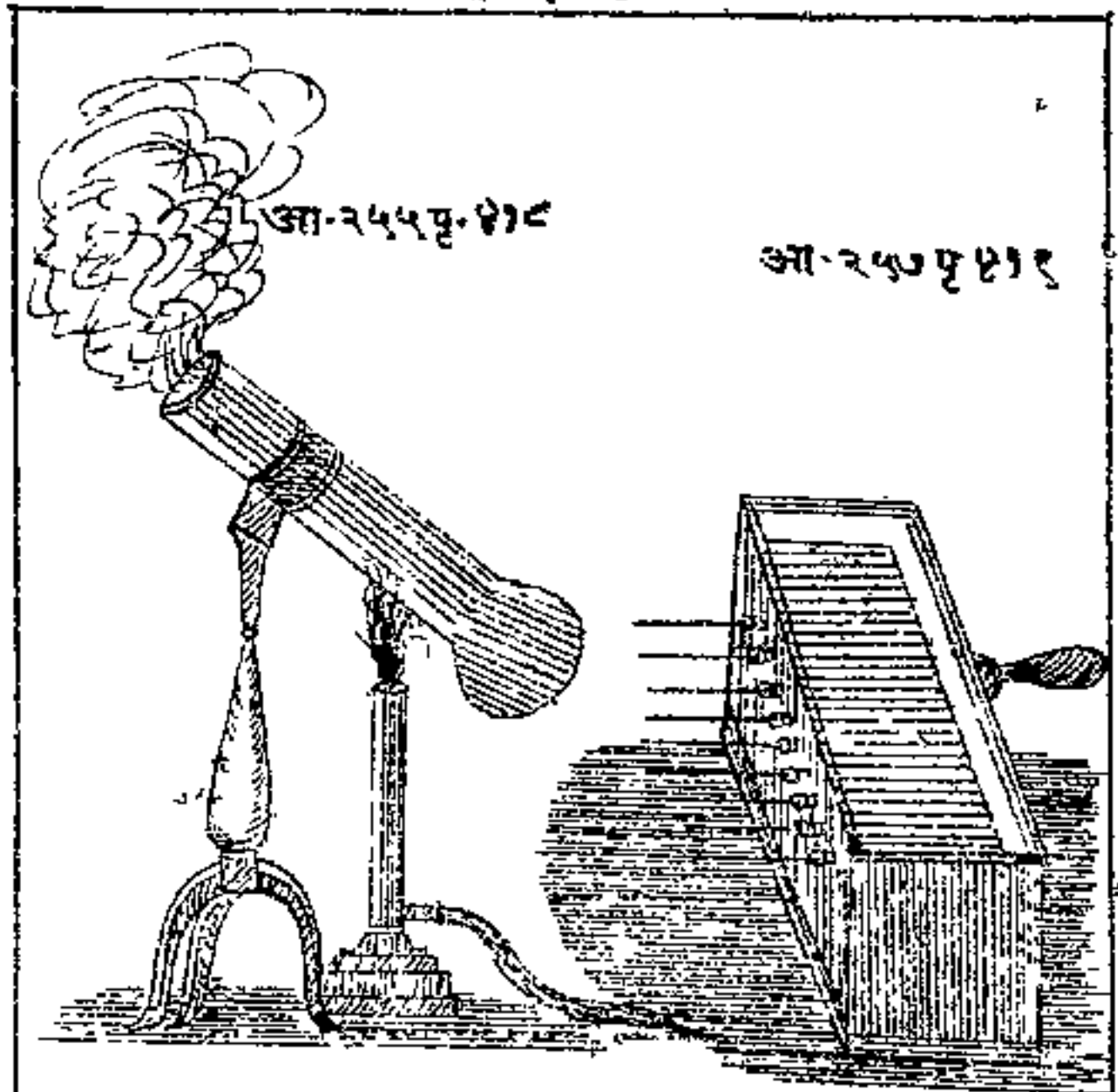
आ-२५२ पृ ४०४

आ २५३ पृ ४११



आ-२५४ पृ ४१३

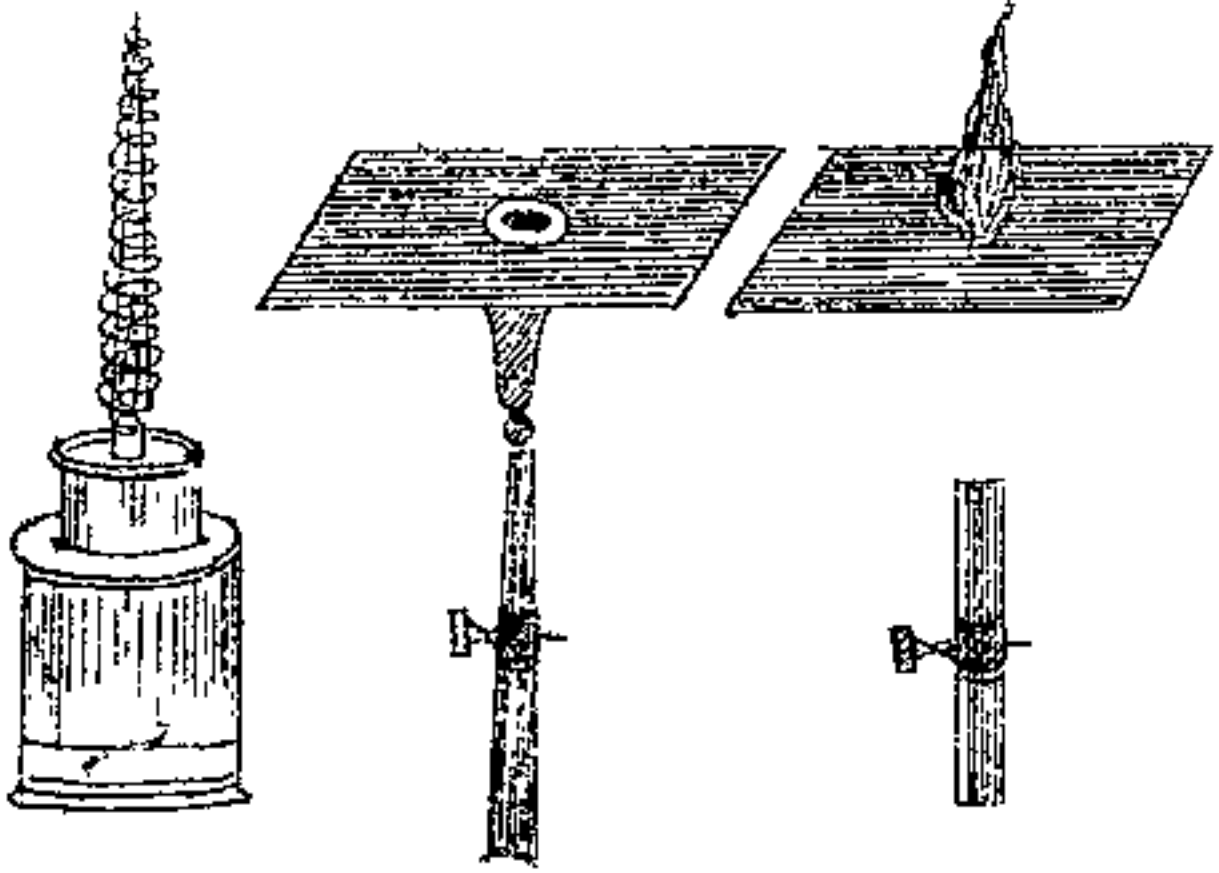




ଆ ୨୫୮ ପୃ-୫୨୩

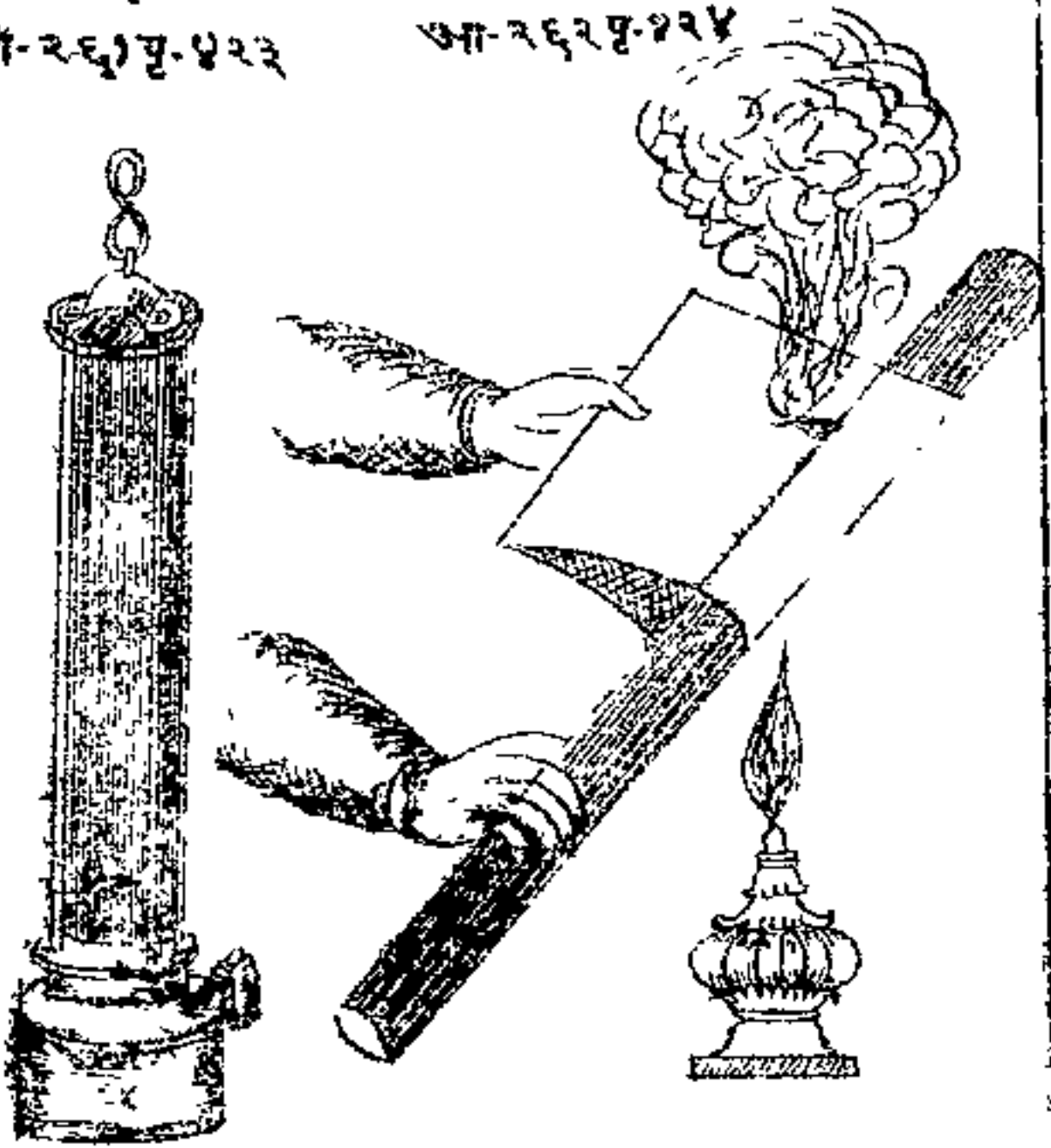
ଆ-୨୫୯ ପୃ-୫୨୩

ଆ ୨୬୦ ପୃ-୫୨୩



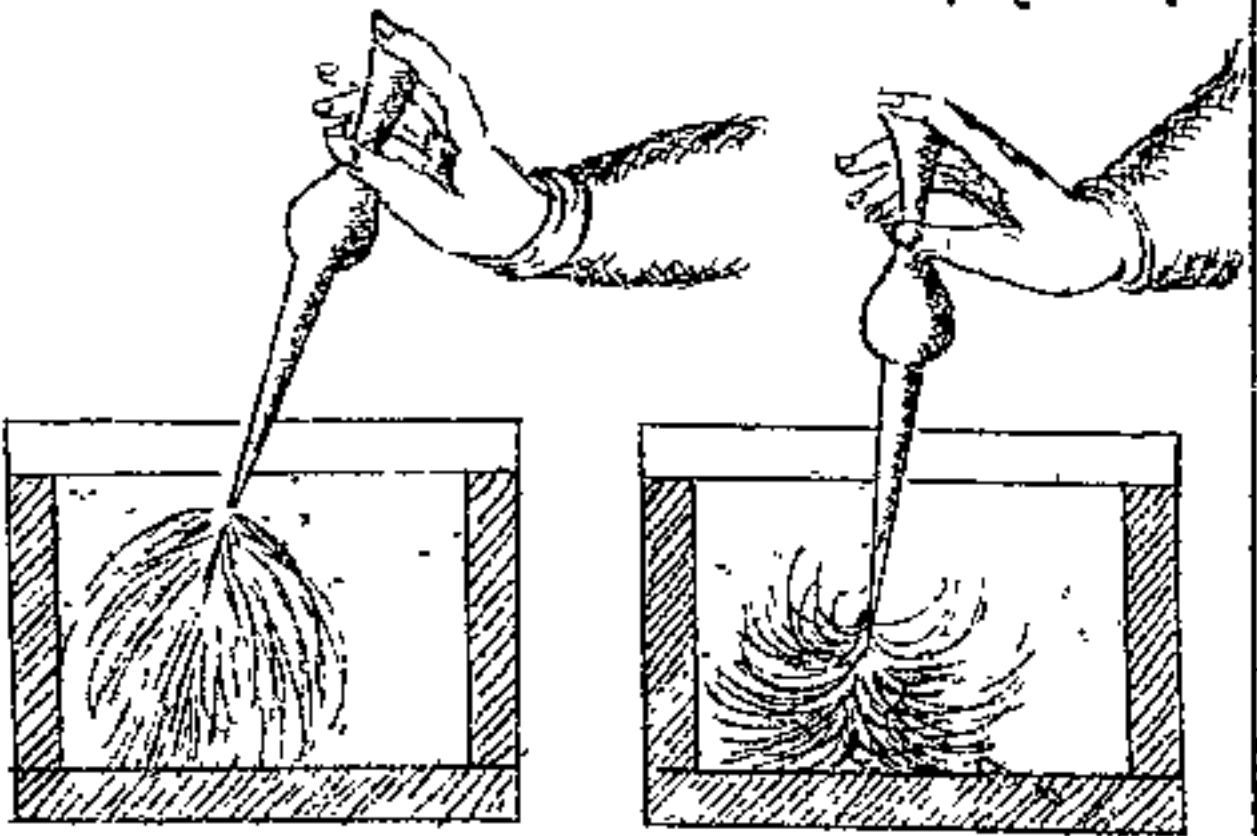
ଆ-୨୬୧ ପୃ-୫୨୩

ଆ-୨୬୨ ପୃ-୫୨୪



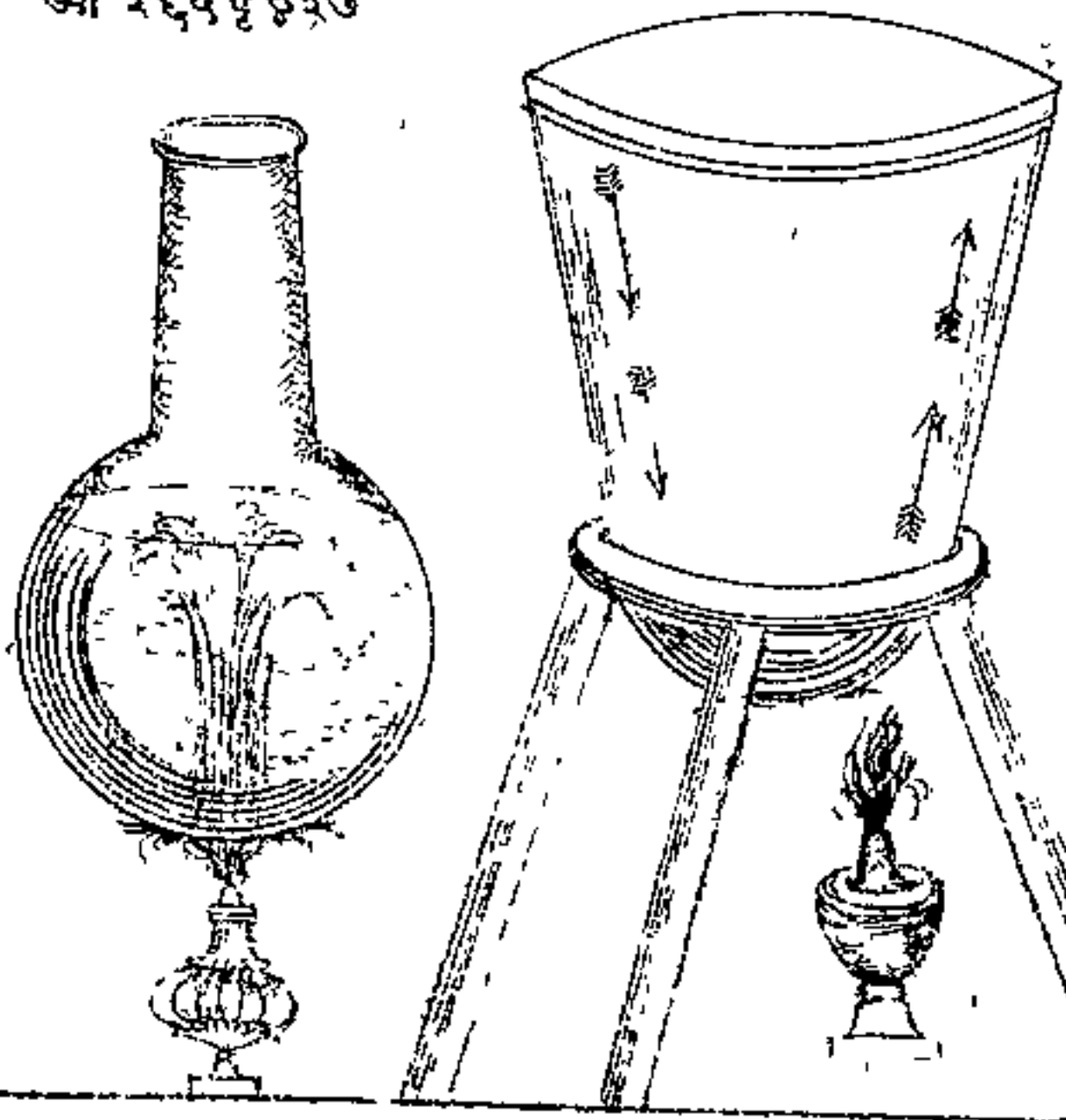
आ २६३ पृ ४२६

आ-२६४ पृ-४२६



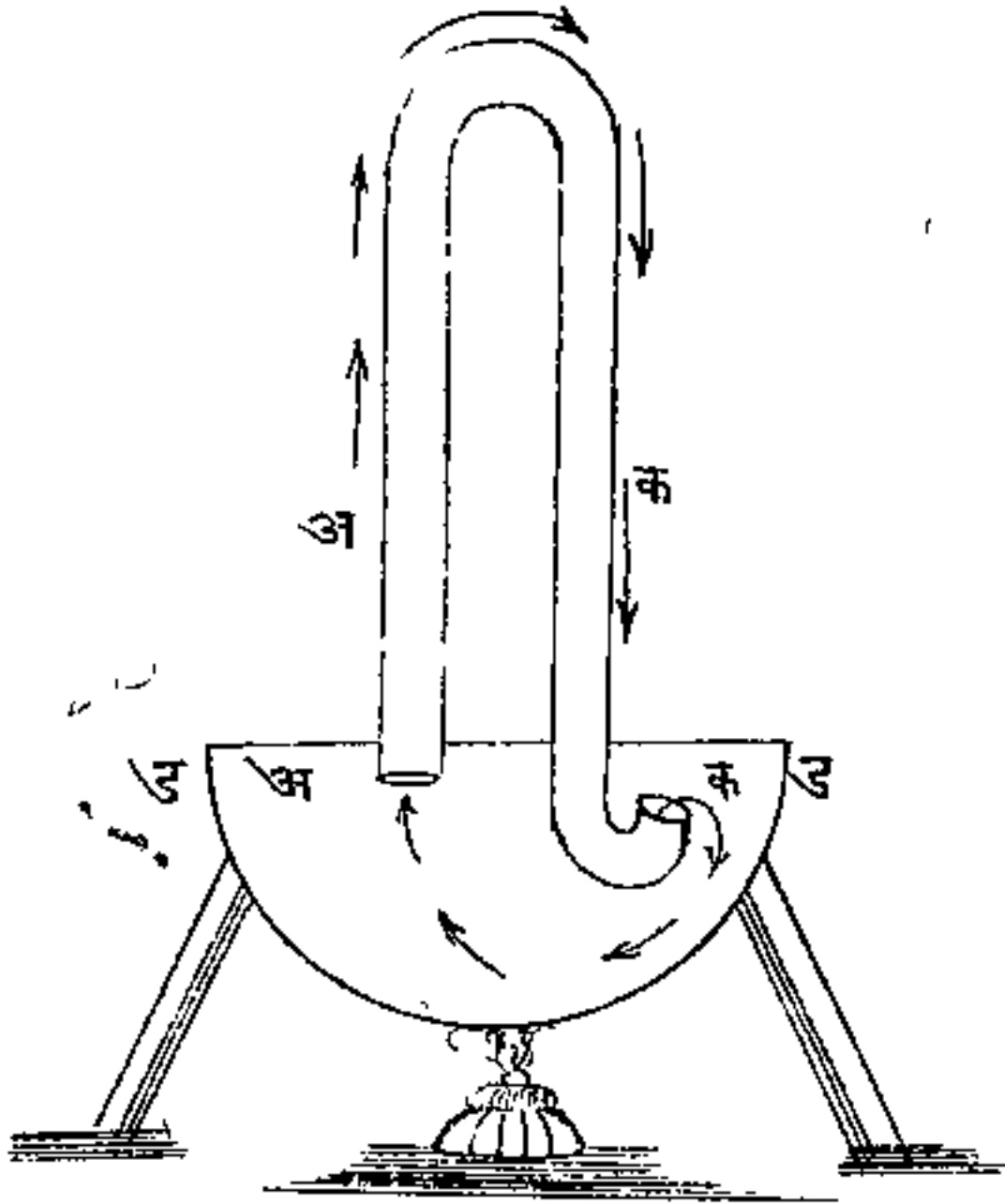
आ २६६ पृ-४२७

आ २६५ पृ ४२७

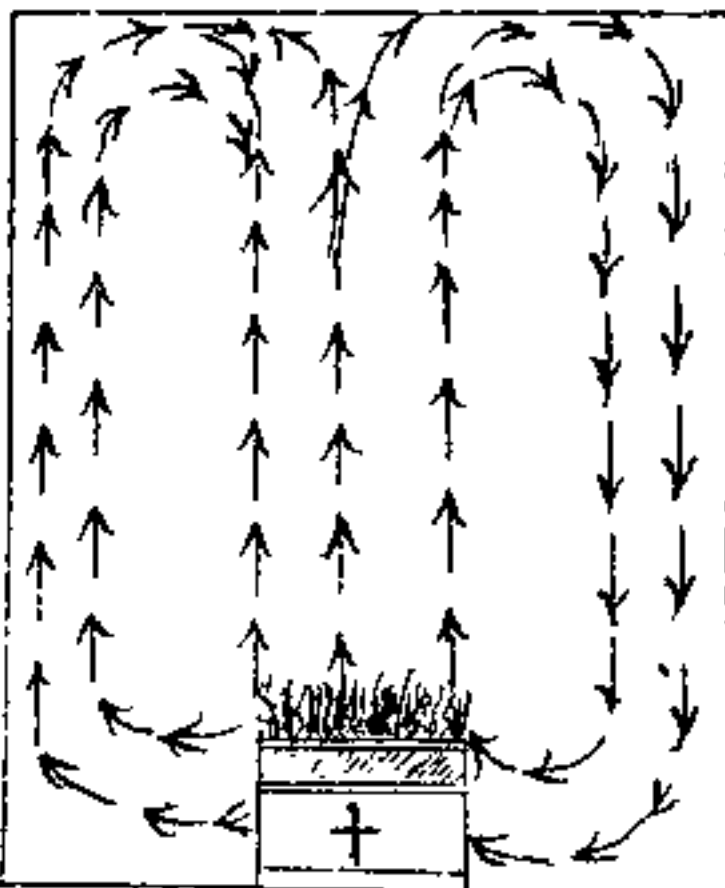


(९३)

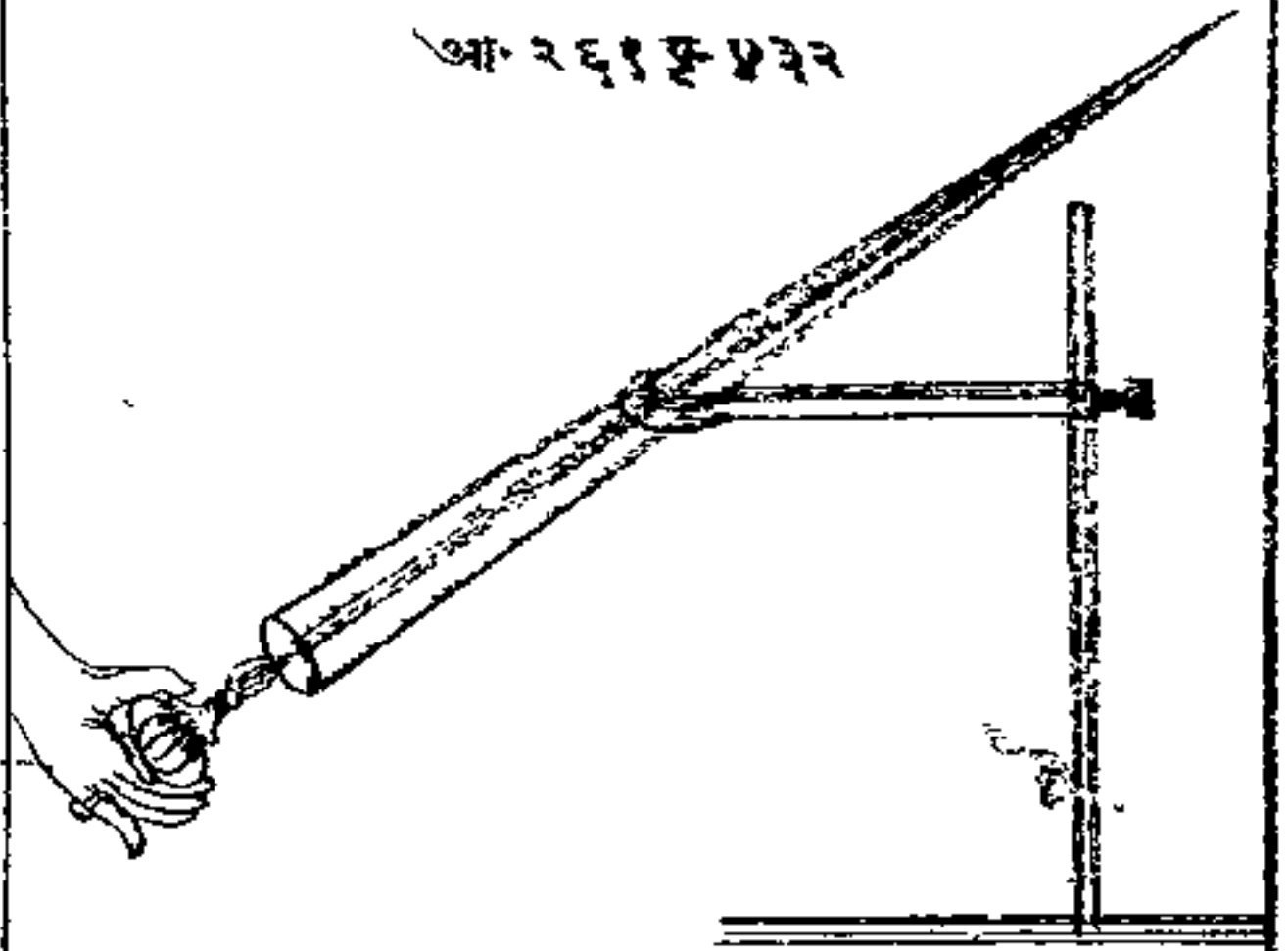
आ २६७ पृ-४२८



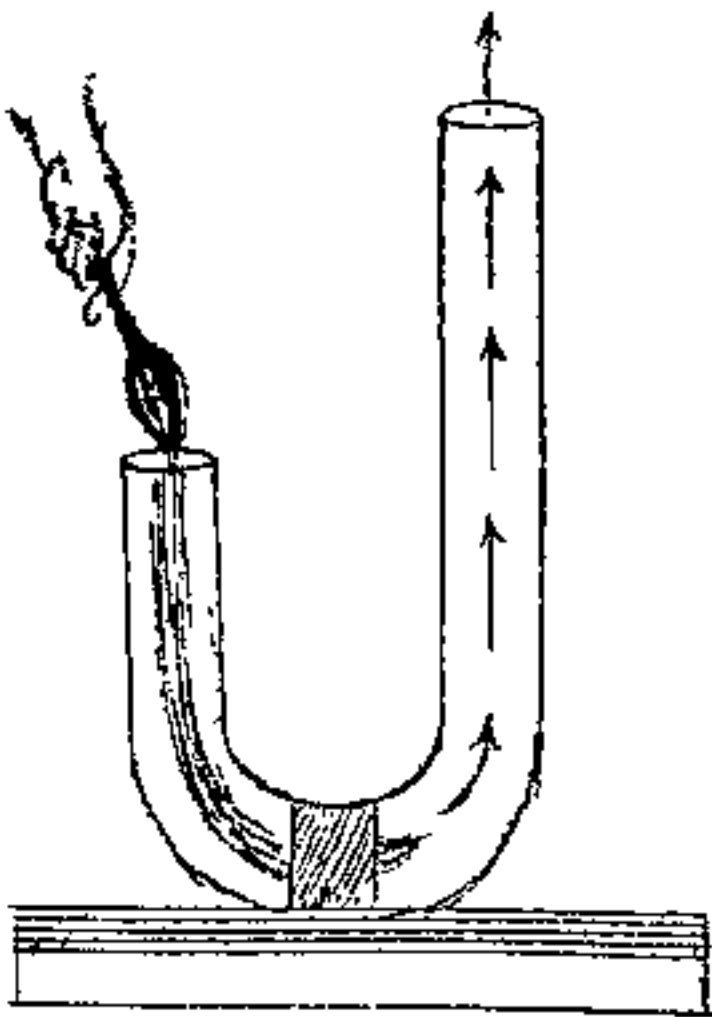
आ २६८ पृ-४३१



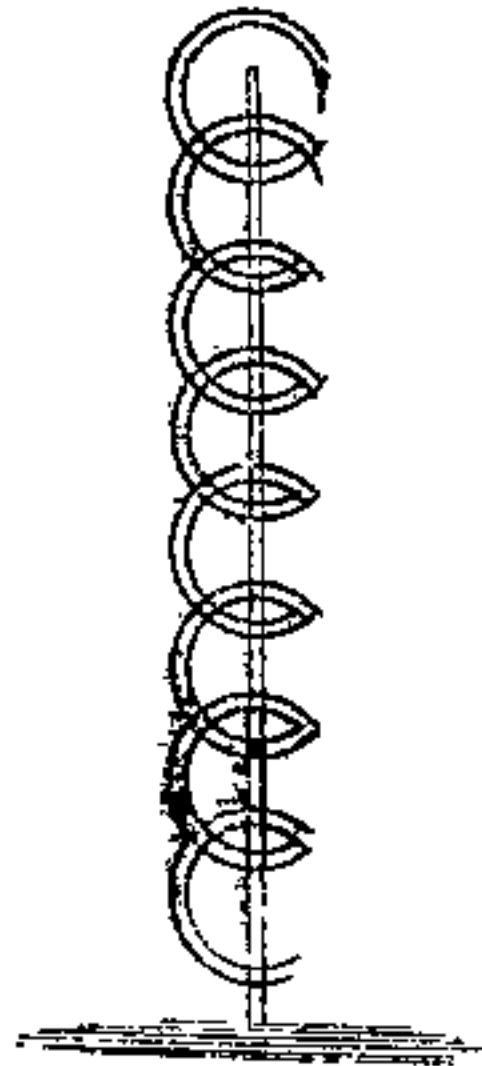
ଆ-୨୬୯ ଫୁ-୧୩୨



ଆ-୨୬୦ ଫୁ-୧୩୨

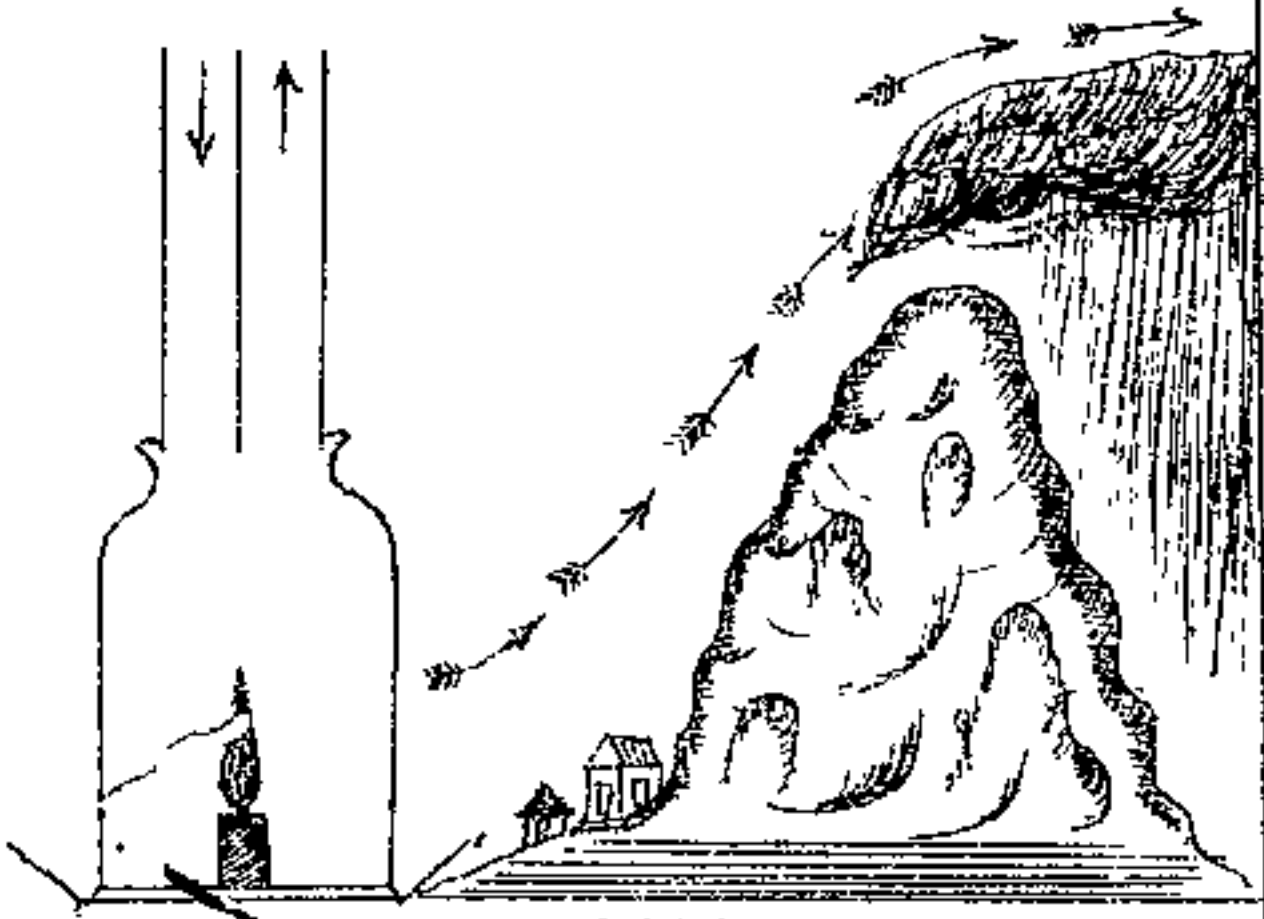


ଆ-୨୬୧ ଫୁ-୧୩୨

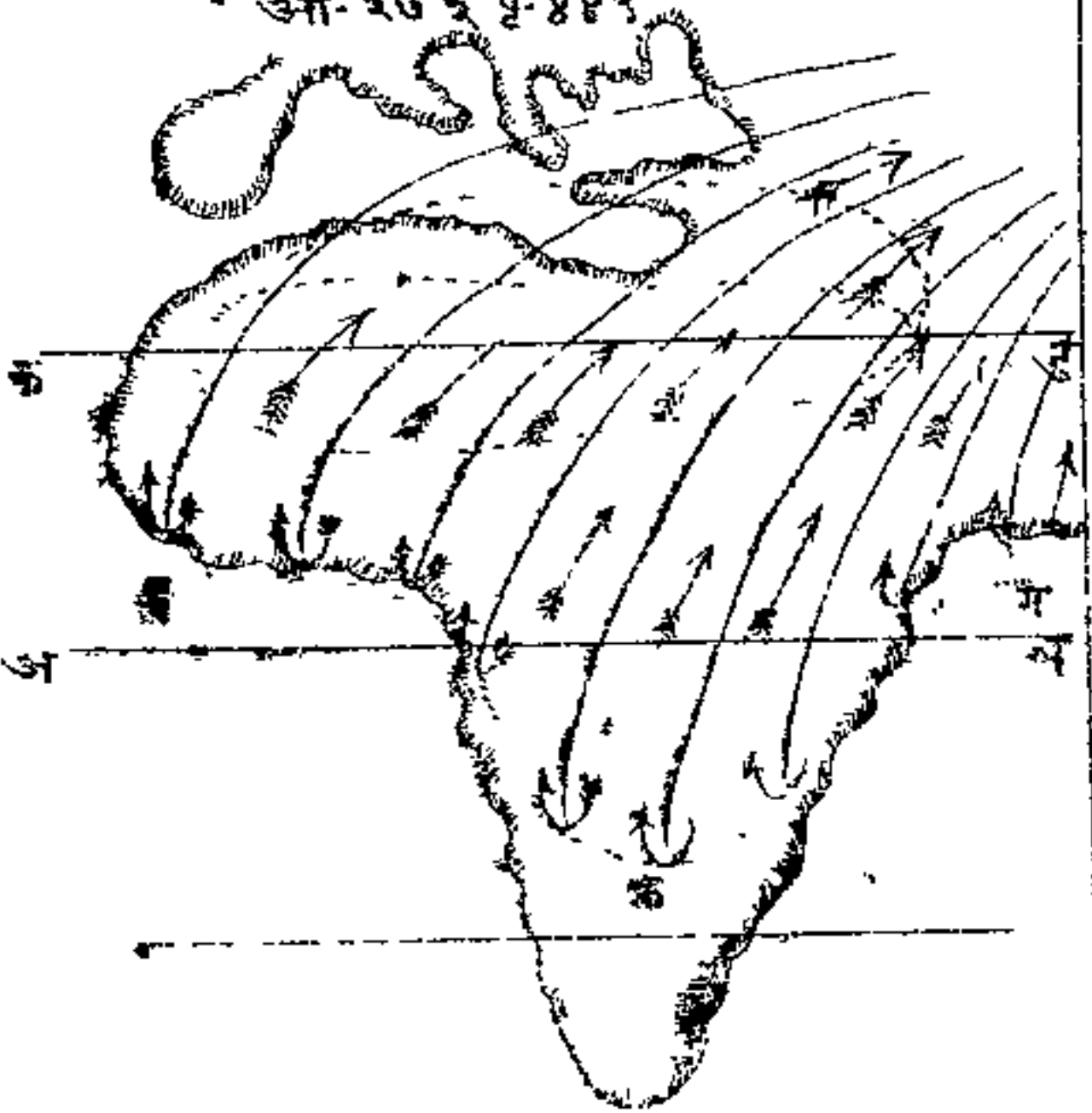


ଆ-୨୭୨ ପୃ-୫୨୨

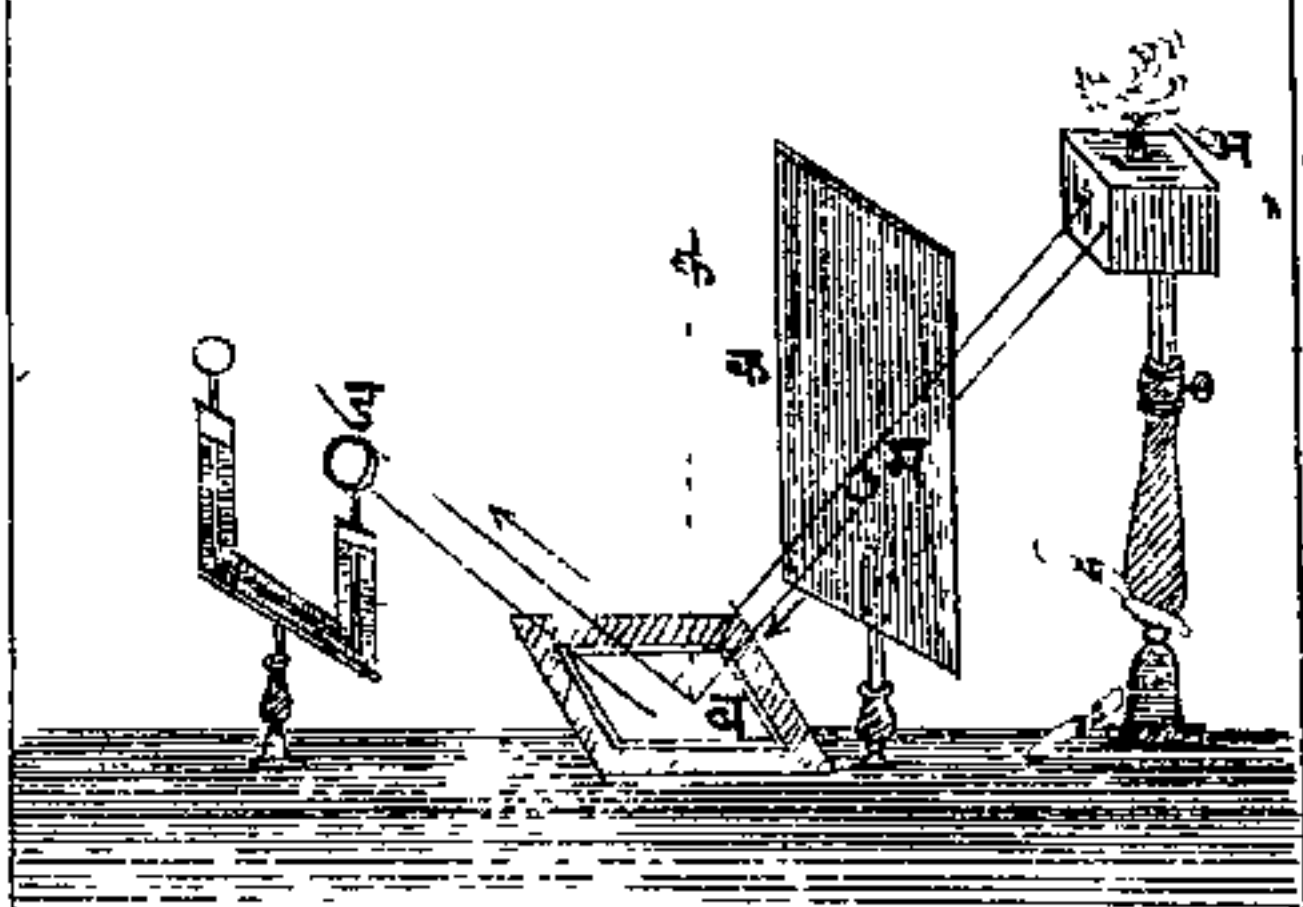
ଆ-୨୭୪ ପୃ-୫୫୫



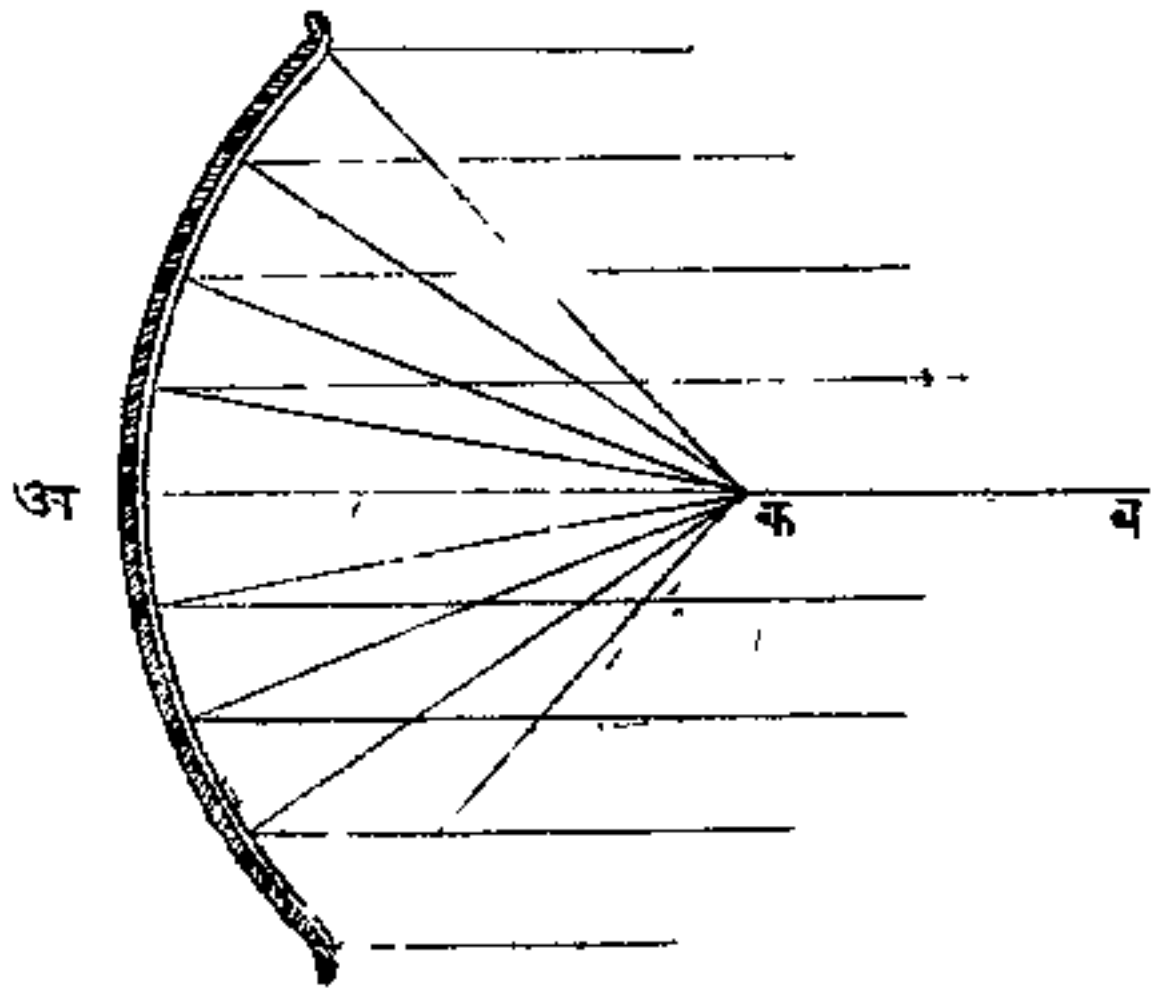
ଆ-୨୭୩ ପୃ-୫୫୩



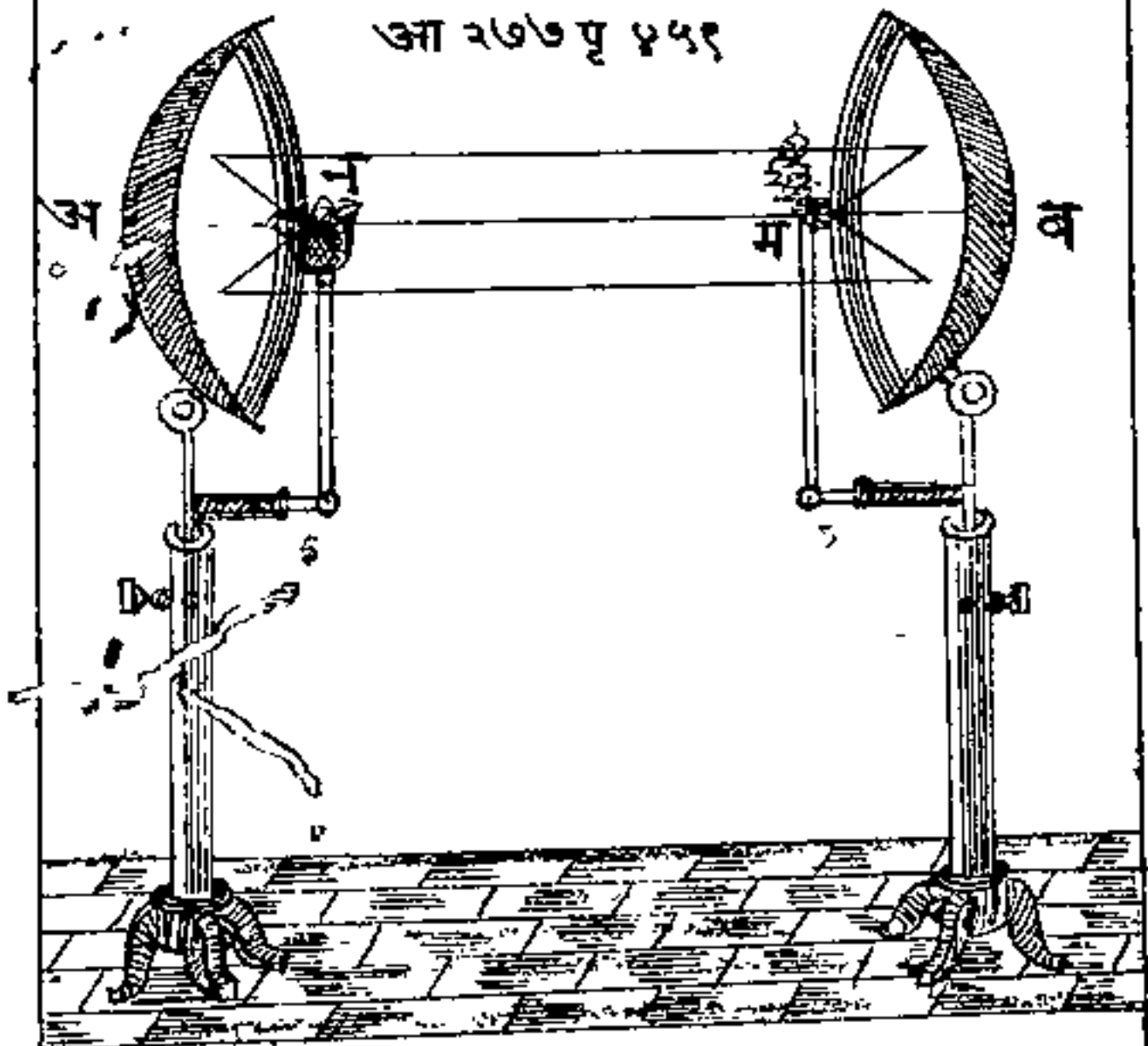
आ २७५ पृ. ४५७



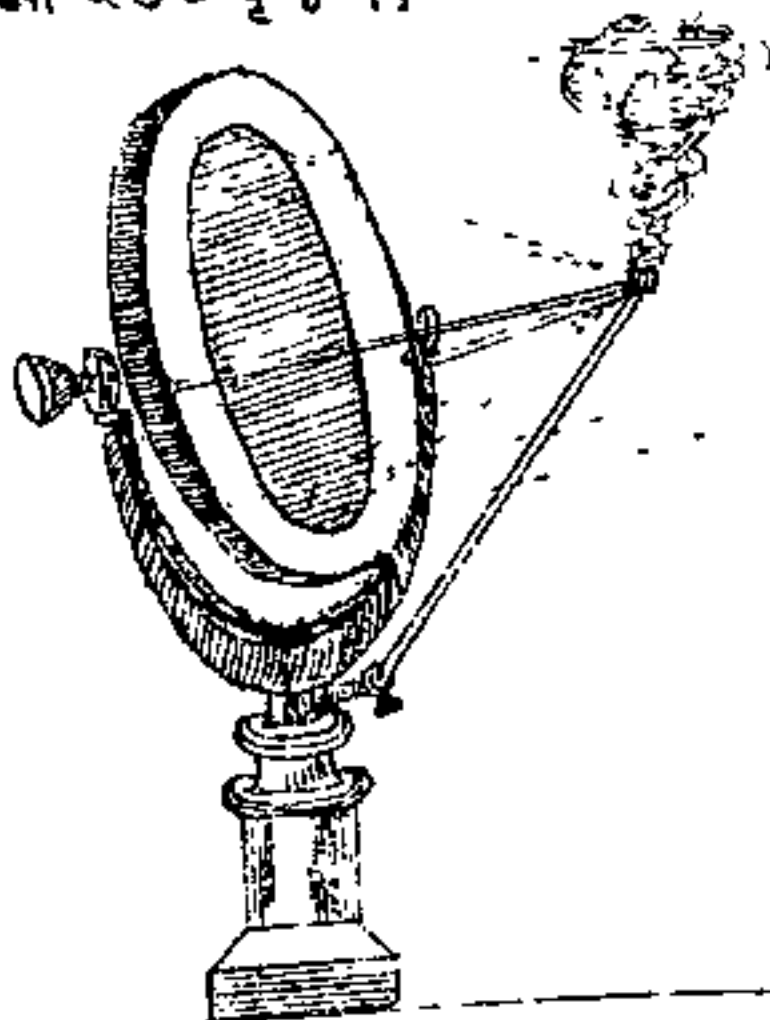
आ २७६ पृ. ४५८



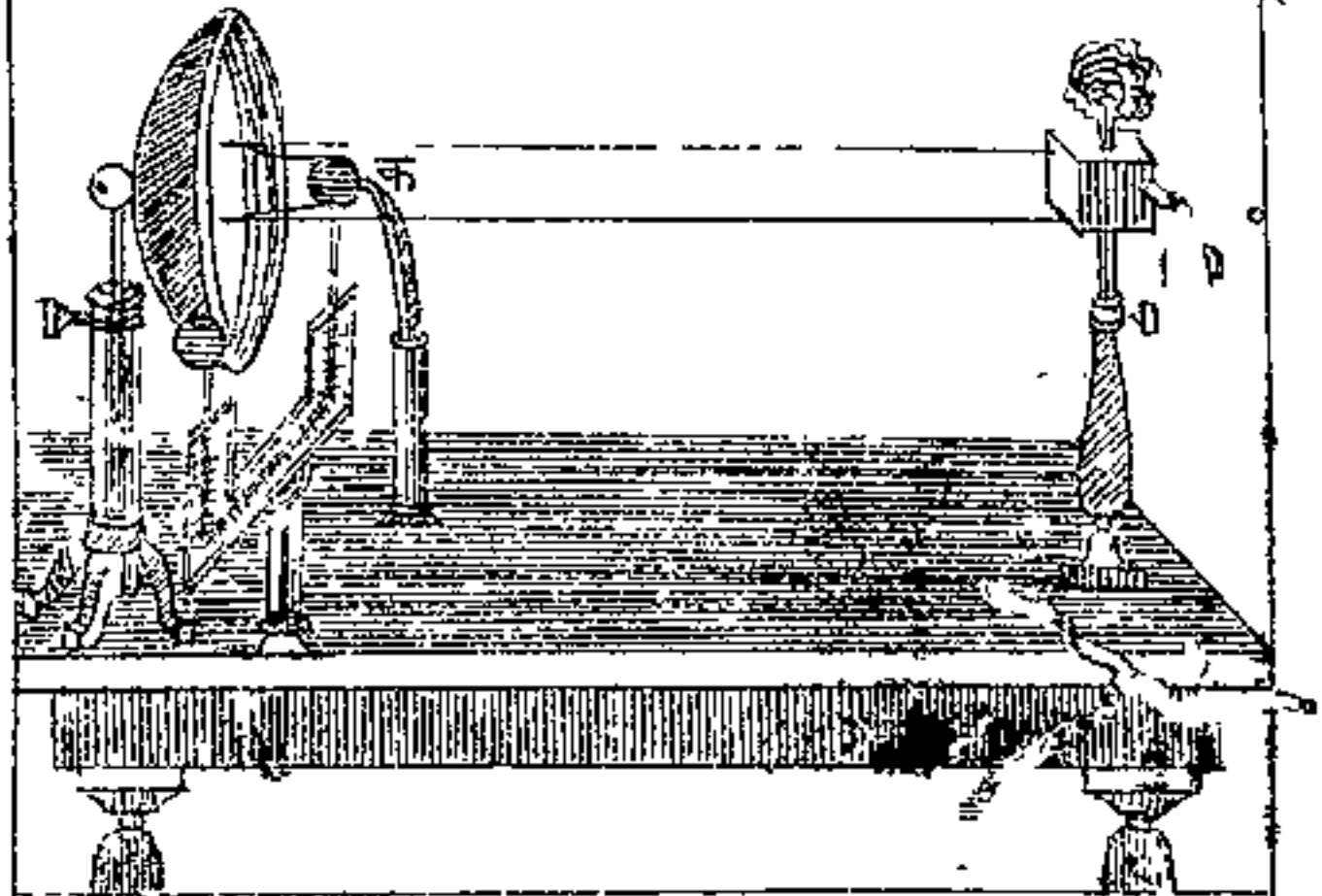
आ २७७ पृ ४५९



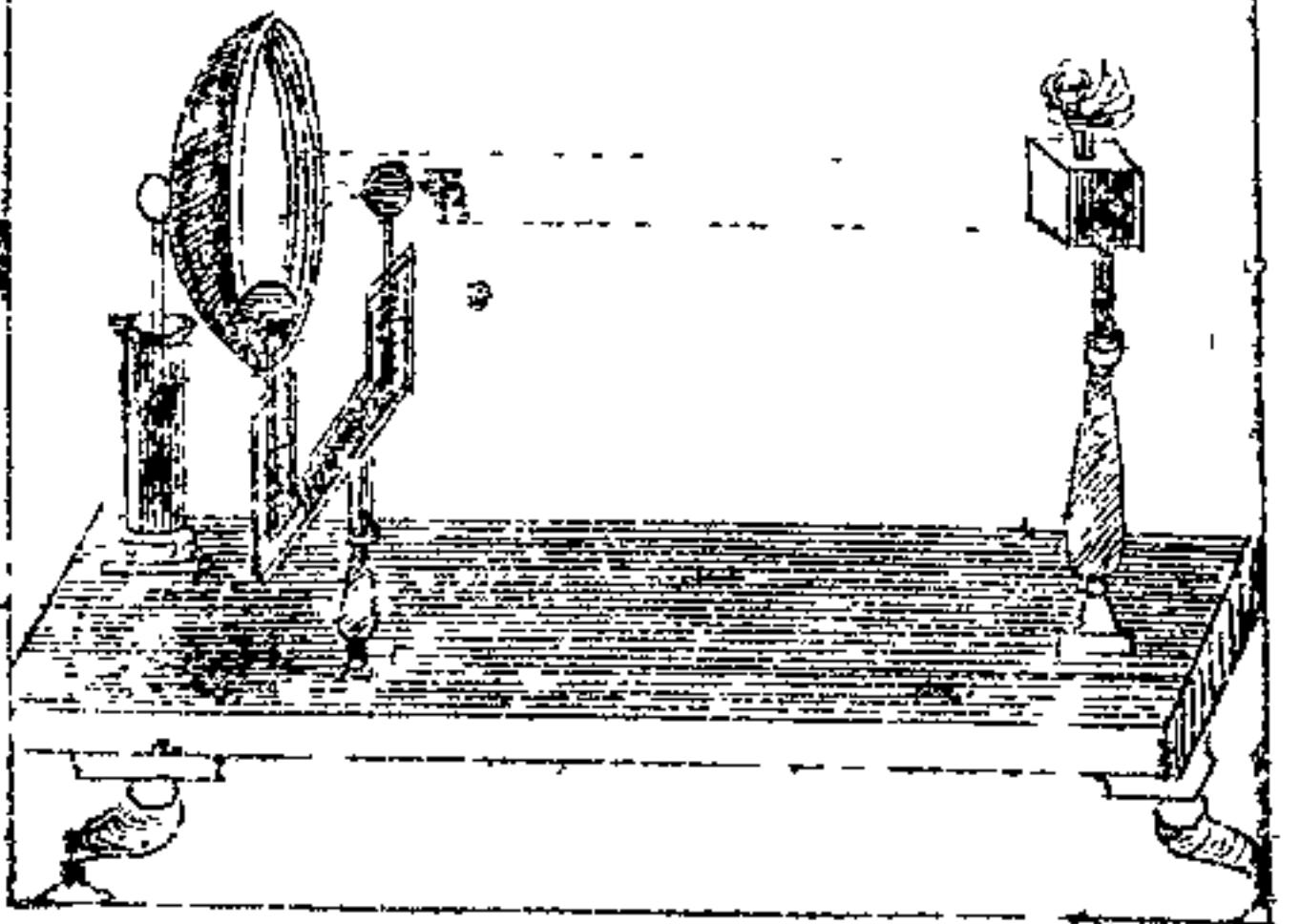
आ २७८ पृ ४५९



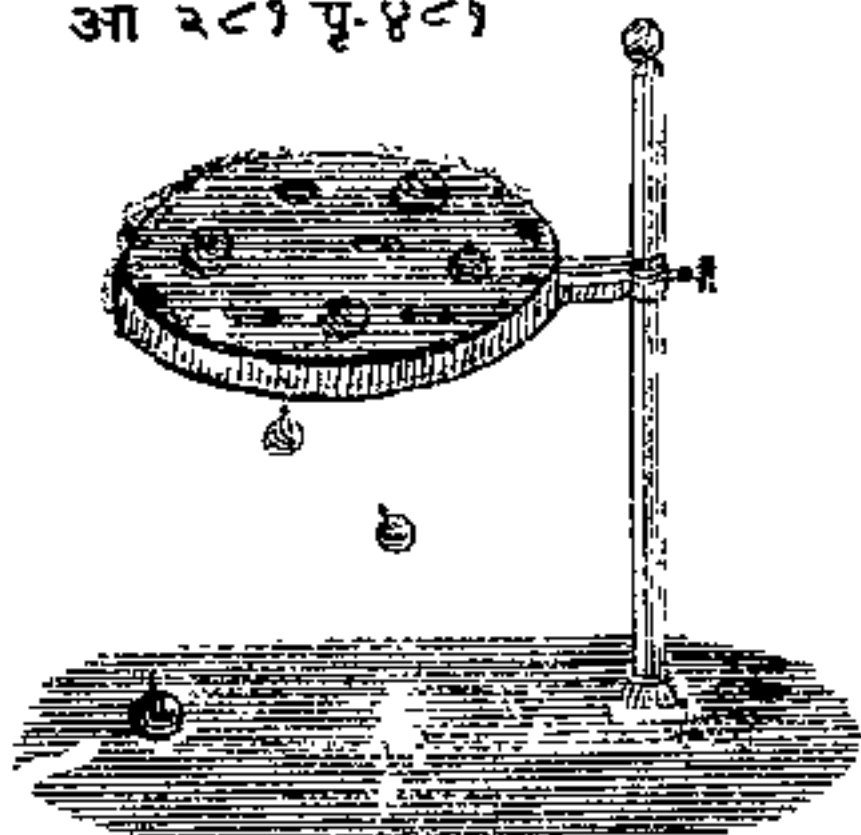
आ २७९ पृ ४६०



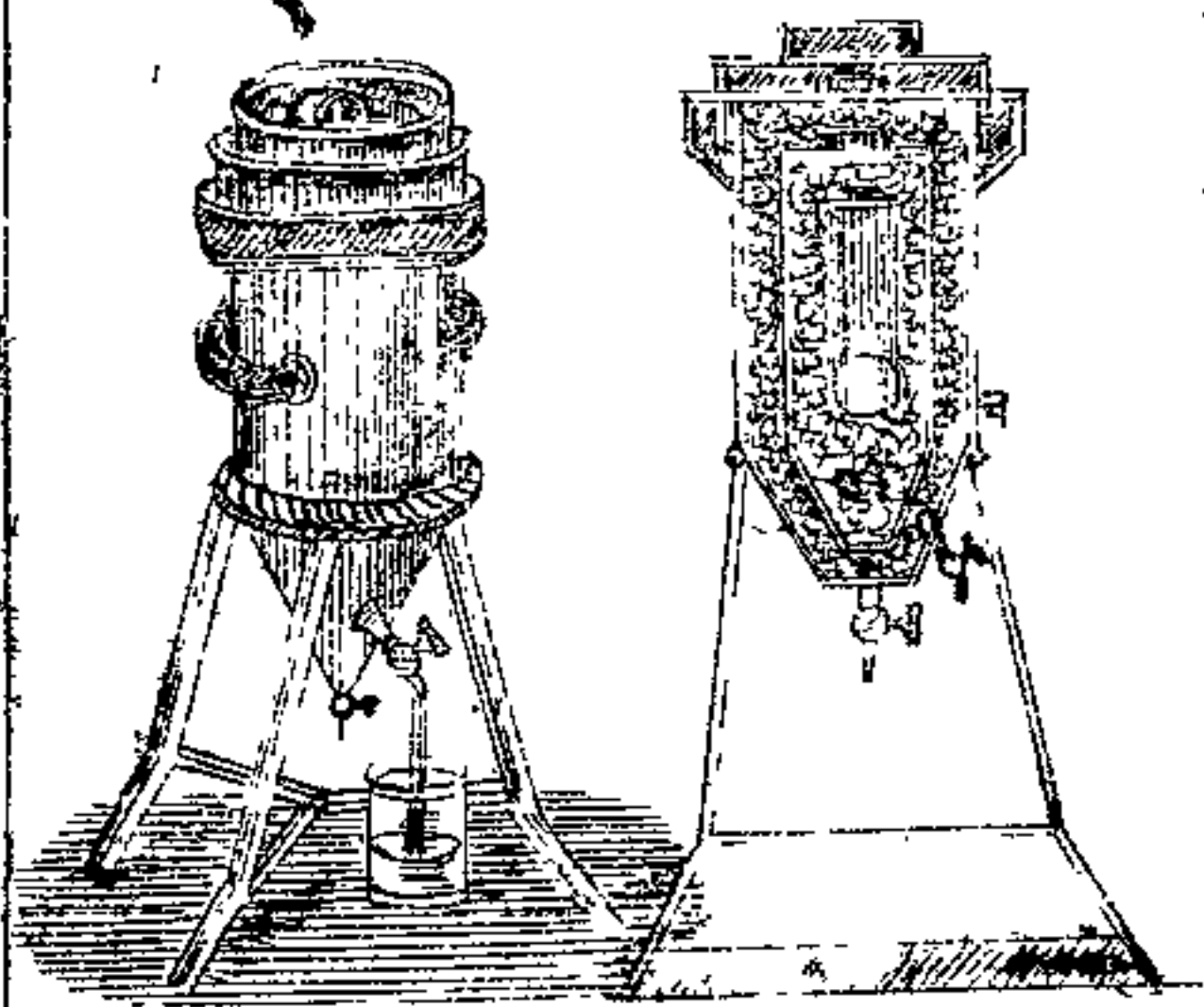
आ-२८० पृ ४६१

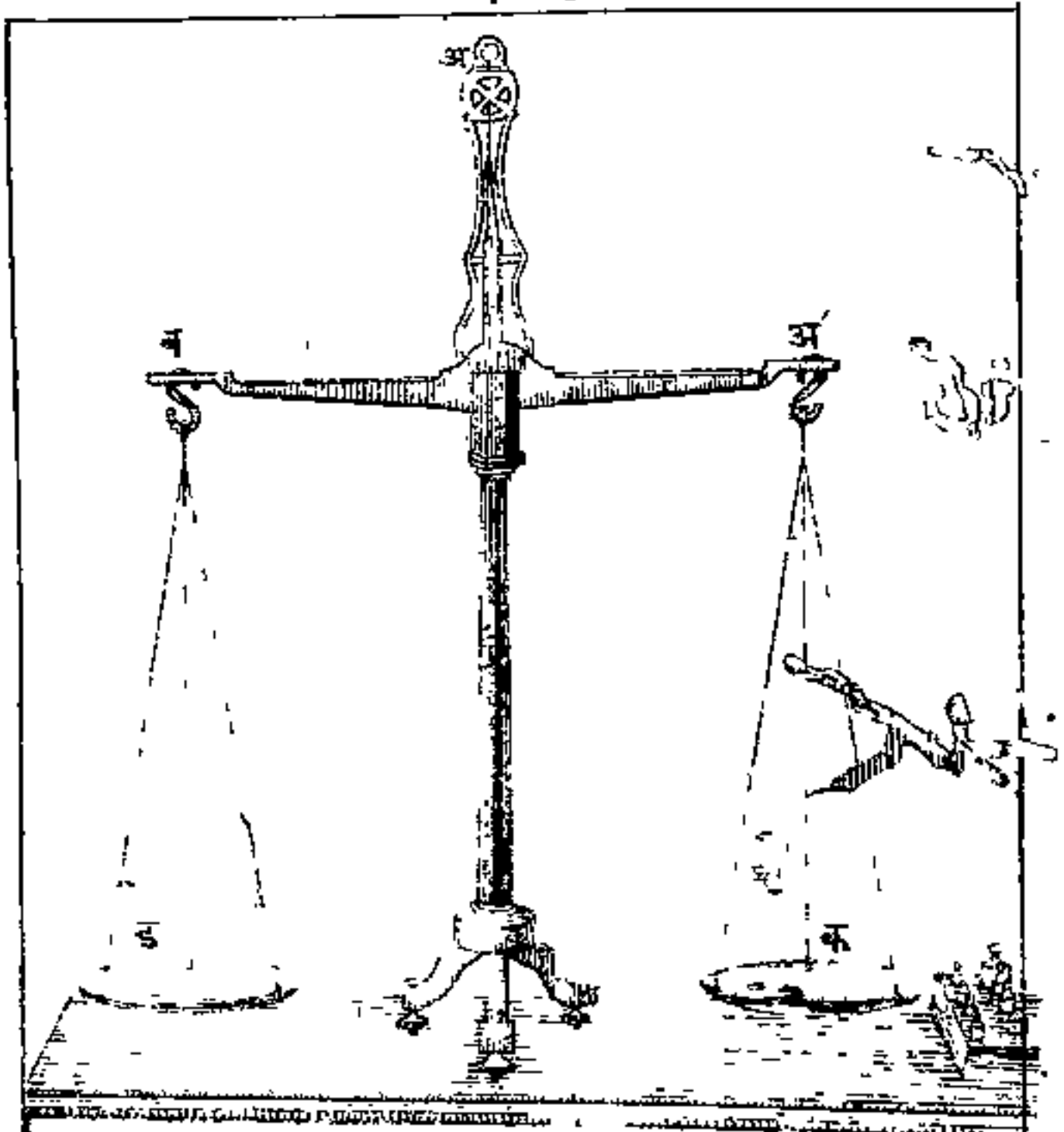


आ २८१ पृ-४८१



आ-२८२ पृ-४८८





समाप्त.

सदहूँ आकृती ज्ञानसागर को लहा पूरयेथे आपून.
असीध्द के ल्या.