१०. भार और तुला

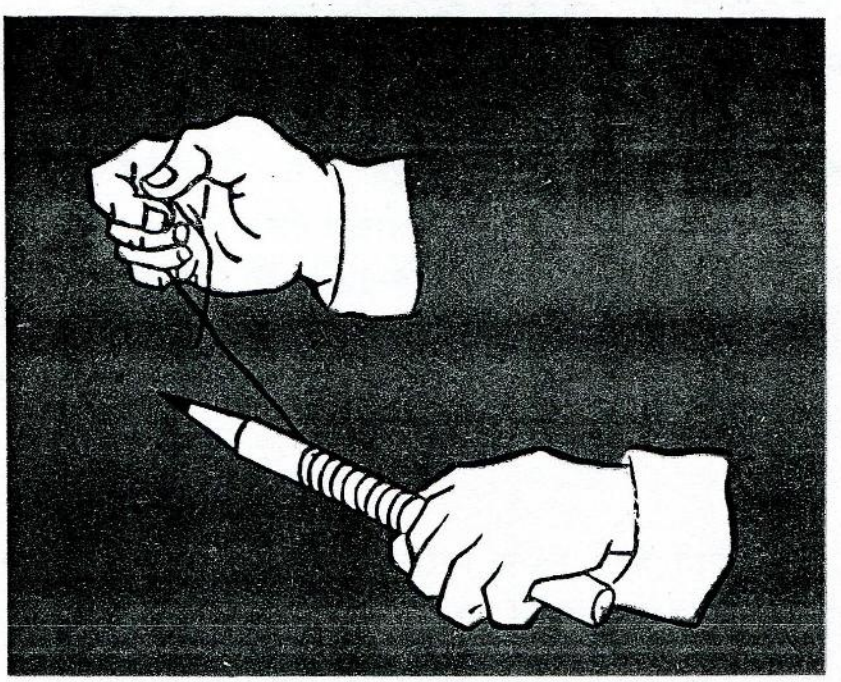
हर वस्तु को पृथ्वी अपनी ओर खींचती है। वस्तु पर नीचे की ओर लगने वाले वल को हम उस वस्तु का भार कहते हैं। भार के कारण ही वस्तुएँ एक दूसरे पर दबाव डालती हैं या एक दूसरे को खींचती हैं। भार को न्यूटन, किलोग्राम-बल, या ग्राम-बल की इकाइयों में नापा जाता है। इन इकाइयों से यह पता चलता है कि किसी वस्तु का भार कितना है। आओ, अब हम भार अथवा बल नापने के कुछ सरल तरीके सीखें।

भार द्वारा खिचाव

स्टैंड से रबर का एक छल्ला लटकाओ। छल्ले से एक वजन लटका दो। तुम देखोगे कि रबर का छल्ला लम्बाई में बढ़ता है। अब वजन को हटा लो। देखो क्या परिणाम होता है ? (१)

यदि छल्ले पर लटके वजन का भार बढ़ा दिया जाए तो छल्ले की लम्बाई में क्या अंतर आएगा? (२)

प्रयोग करके देखो कि क्या तुम्हारा अनुमान सही है ? (३)



चित्र–४४

तुम्हें ८० से ९० से० मी० लम्बा ताँबे का तार दिया गया है। इससे एक स्प्रिंग बनाओ। चित्र-४४ के अनुसार किसी पेंसिल या काँच की छड़ पर तार को इस प्रकार लपेटो कि उसके फेरे एक दूसरे से सटे हुए हों। लगभग तीस फेरे लपेटने से तार का एक अच्छा स्प्रिंग बन जाएगा। अब इस स्प्रिंग को पेंसिल या काँच की छड़ से निकाल लो। स्प्रिंग के दोनों सिरों को घुमा कर एक-एक फंदा बना लो।

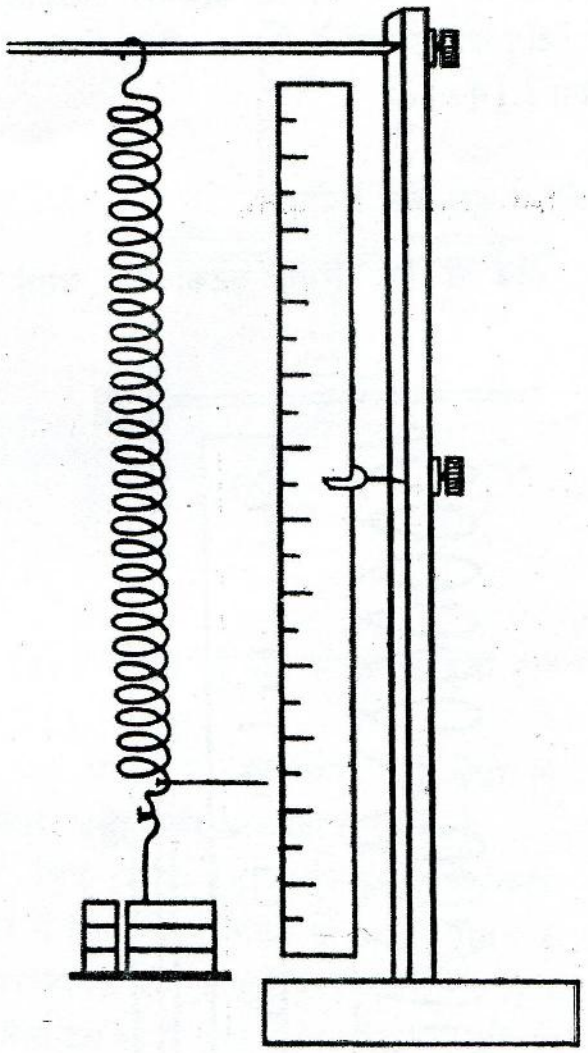
स्प्रिंग को स्टैंड से लटका दो। जैसा चित्र-४५ में दिखाया गया है, आधे मीटर के एक पैमाने को स्प्रिंग के पास खड़ा कर दो। स्प्रिंग के निचले फंदे से एक पलड़ा लटका दो। अब १० ग्राम-बल का बाट पलड़े पर रखो। जितनी दूरी तक स्प्रिंग फैलती है, उस पाठ्यांक को लिख लो। (४)

अब बाट हटा लो। देखो क्या परिणाम होता है? (५)

१० ग्राम-बल के बाट एक के बाद एक पलड़े पर रखते जाओ और स्प्रिंग की लम्बाई में जो परिवर्तन आए, उसे लिख लो। (६)

अब एक-एक करके बाट हटाओ। क्या स्प्रिंग हर बार अपनी पूर्वस्थिति में वापस आ जाती है? (७)

तुम्हें लोहे की एक स्प्रिंग दी गई है। इसे एक स्टैंड से लटकाओ। स्प्रिंग के दोनों सिरों के बीच की दूरी के बराबर लम्बी कागज़ की एक पट्टी काटो। इस पट्टी पर ० ग्राम-बल लिख दो। इससे यह पता चलेगा कि बिना कोई वजन लटकाए स्प्रिंग की लम्बाई कितनी थी। (८)



चित्र–४५

अब ५० ग्राम-बल का बाट स्प्रिंग से लटकाओ। खिंची हुई स्प्रिंग की लम्बाई के बराबर कागज़ की एक पट्टी फिर काट लो। पट्टी पर ५० ग्राम-बल लिख दो। क्या तुम बता सकते हो कि इस वजन को लटकाने से स्प्रिंग की लम्बाई कितनी बढ़ी? (९)

इस प्रयोग को ५० ग्राम-बल के बाटों को एक के बाद एक जोड़कर दोहराओ। चित्र-४६ में दिखाए ढंग से अपनी अभ्यास-पुस्तिका में सब पट्टियों को एक दूसरे से सटा कर चिपका दो। (१०)

हर बार ५० ग्राम-बल भार बढ़ाने से स्प्रिंग की लम्बाई कितनी बढ़ती है? (११)

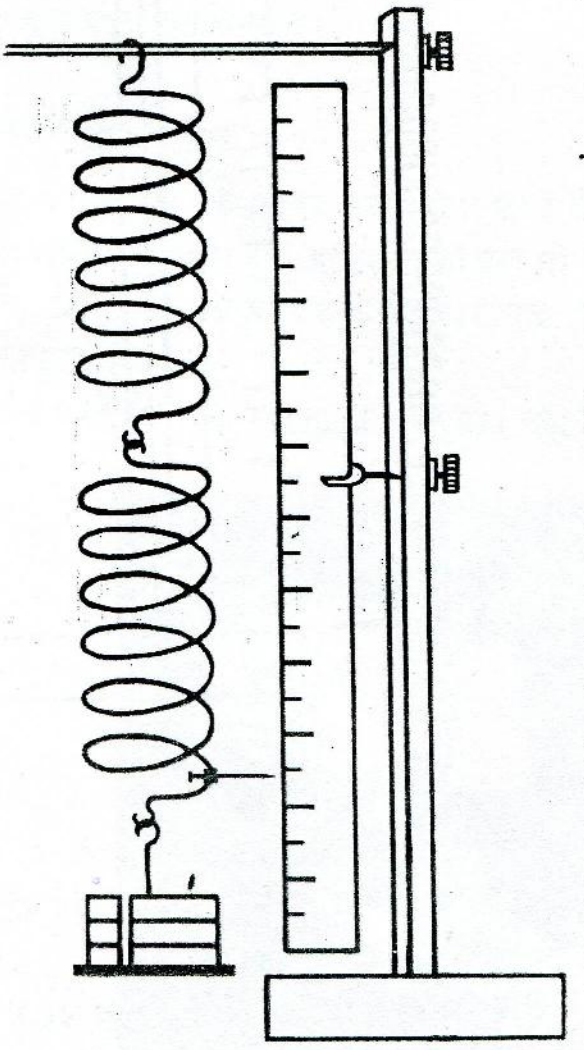
प्रत्येक बार वजन बढ़ाने से स्प्रिंग की लम्बाई किस प्रकार बदलती है? (१२)

यदि ताँबे और लोहे की स्प्रिंगों से बारी-बारी समान भार लटकाया जाय, तो क्या दोनों का खिंचाव बराबर होगा ? (१३)

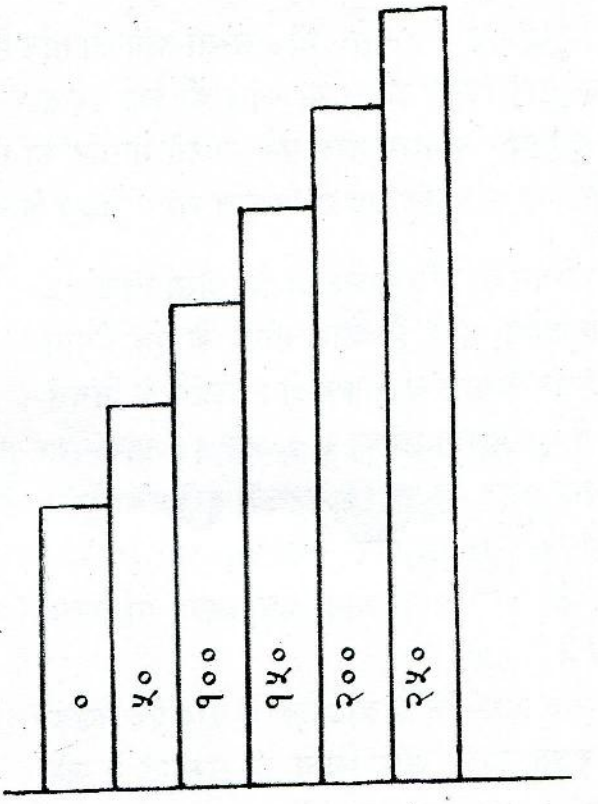
कागज़ की पट्टियों वाले चित्र से पता लगाओ कि १०० ग्राम-बल का भार लटकाने से स्प्रिंग की लम्बाई में कितना औसत विस्तार होगा ? (१४)

स्प्रिंग से कुछ और प्रयोग

स्टैंड से एक स्प्रिंग लटकाओ। उससे



चित्र–४७



चित्र–४६

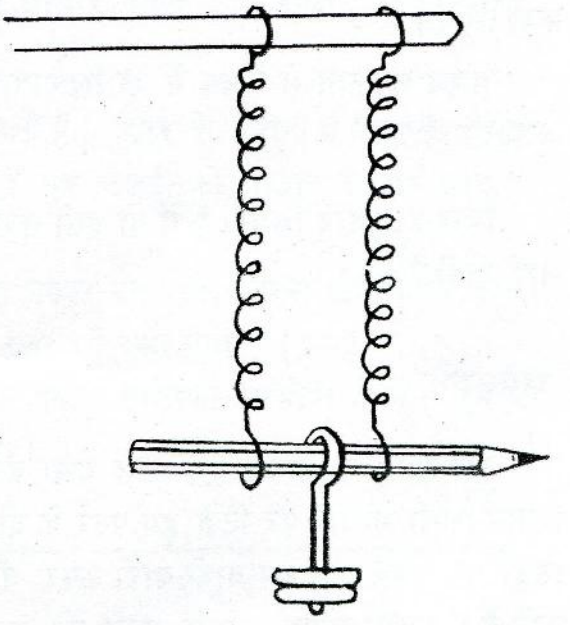
१५० ग्राम-बल का वजन लटका दो। लम्बाई में जो विस्तार हुआ उसे लिखो। (१५)

जैसा चित्र-४७ में दिखाया गया है, इस स्प्रिंग के नीचे अब वैसी ही एक और स्प्रिंग लटकाओ। नीचे के स्प्रिंग के फंदे से १५० ग्राम-बल का बाट फिर से लटकाओ। क्या प्रत्येक स्प्रिंग की लम्बाई में उतना ही अंतर आया जितना कि ऊपर वाली अकेली स्प्रिंग में आया था अथवा उससे भिन्न ? (१६)

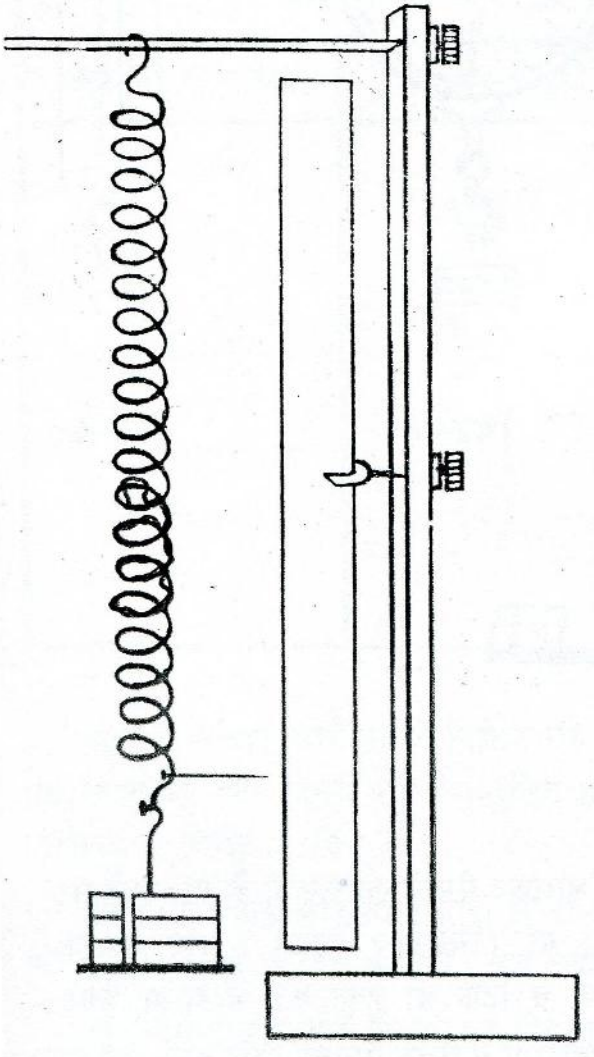
अगर हम दोनों स्प्रिंगों में एक तीसरी स्प्रिंग और जोड़ दें और फिर उसी बाट को लटकाएँ तो लम्बाई में कुल कितना विस्तार होगा ? (१७)

एक स्टैंड से दो एक जैसी स्प्रिंगें लटकाओ। चित्र-४८ के अनुसार दोनों के निचले फंदों के बीच में से होती हुई एक पेंसिल डालो। पेंसिल के बीच से १५० ग्राम-बल का भार लटकाओ। दोनों स्प्रिंगों की लम्बाई में होने वाले विस्तार को लिखो। (१८)

दो स्प्रिंगों में फँसी पेंसिल से कितने भार का बाट लटकाया जाए कि उनकी लम्बाई में उतना ही विस्तार हो जितना कि अकेली स्प्रिंग



चित्र–४८



चित्र–४९

से १५० ग्राम-बल का भार लटकाने से हुआ था? (१९)

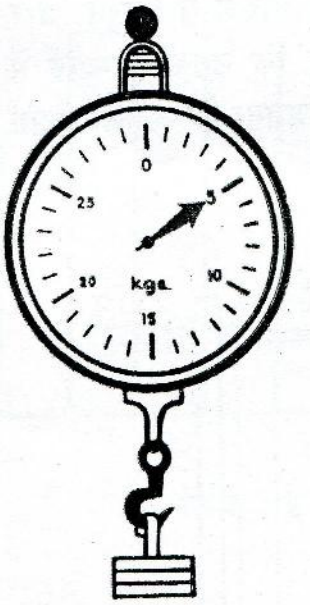
इस प्रयोग को स्वयं करो और देखो कि तुम्हारा अनुमान कितना सही है ? (२०)

चित्र-४९ को देखो। एक स्प्रिंग के निचले सिरे में एक संकेतक लगा दो। एक पैमाने के ऊपर कागज़ की एक पट्टी चिपकाकर उसे स्प्रिंग के पास इस प्रकार लगा दो कि संकेतक की स्थिति उस पर अंकित की जा सके। जब स्प्रिंग को कोई वजन नीचे नहीं खींच रहा हो तब संकेतक की स्थिति को शून्य कहेंगे। कागज़ की पट्टी पर शून्य की स्थिति का निशान बना दो। अब क्रमश: ५० ग्राम-बल, १०० ग्राम-बल इत्यादि वजन स्प्रिंग से लटकाओ और पैमाने पर संकेतक की नई स्थितियों के निशान लगाओ। साथ-साथ इन निशानों के सामने ५० ग्राम-बल, १०० ग्राम-बल इत्यादि भी लिख दो।

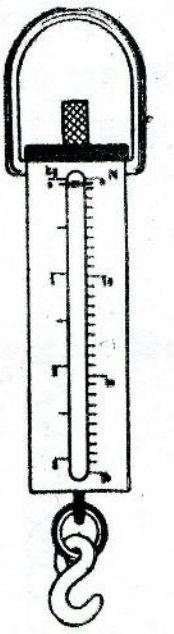
किसी एक वस्तु का भार उसे स्प्रिंग से लटकाकर और संकेतक की स्थिति देखकर मालूम करो। (२१)

वजन लटकाने से स्प्रिंग में जो खिचाव होता है उसी के आधार पर भार नापने के लिए स्प्रिंग तुला बनाई जाती है।

चित्र-५० और चित्र-५१ में दो इसी तरह की तुलाएँ दिखाई गई हैं जो साधारणतया काम में लाई जाती हैं।



चित्र–५०

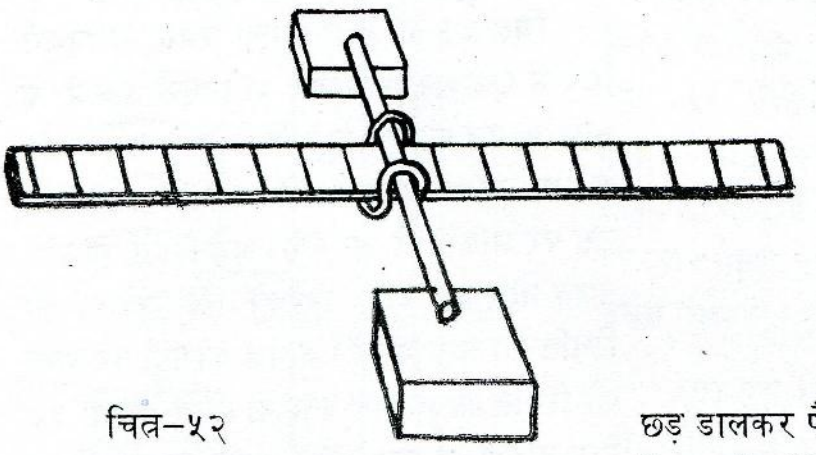


चित्र–५१

उत्तोलक

तुम लोगों ने शायद एक खेल देखा होगा जिसमें किसी आधार पर टिके हुए पटरे के दोनों सिरों पर बच्चे बैठ कर बारी-बारी ऊपर नीचे जाते हैं। इसमें बहुधा भारी बच्चे को हल्का बच्चा आसानी से ऊपर उठा लेता है। आओ, प्रयोगों द्वारा ऐसी चीज़ों के बारे में कुछ और जानकारी प्राप्त करें।

तुम्हें आधा मीटर लम्बा एक पैमाना दिया गया है। इसके मध्य में दो छोटे-छोटे हुक लगे हैं। इन हुकों के बीच में से धातु की एक पतली



चित्र–५२

छड़ डालकर पैमाने को लकड़ी के दो गुटकों पर टिका दो (चित्र-५२ देखो)। यदि पैमाना क्षैतिज न टिके तो हुकों को थोड़ा-सा घुमा-फिराकर उसे क्षैतिज किया जा सकता है। चित्र-५२ में दिखाया संतुलित पैमाना ऊपर वाले खेल का एक छोटा-सा नमूना है।

जिस अक्ष पर पैमाने को संतुलित किया जाता है, उसे आधार कहते हैं। आधार पर इस तरह टिकी हुई छड़ को उत्तोलक कहते हैं।

तुम्हें बराबर भार की धातु की कई चकतियाँ दी गई हैं। ऊपर के प्रयोग में संतुलित पैमाने पर आधार के दोनों ओर समान दूरी पर निशान लगे हैं। एक चकती को आधार के बाईं ओर की पाँचवीं रेखा पर रखो। देखो, क्या होता है ?

एक दूसरी चकती को अब आधार के दाईं ओर इस प्रकार रखो कि पैमाना क्षैतिज हो जाय। पैमाने को संतुलित करने के लिए दूसरी चकती को किस रेखा पर रखा गया ? (२२)

पाठ्यांकों का ठीक-ठीक विवरण रखने के लिए नीचे दिखाई तालिका उपयोगी होगी। तुम भी ऐसी ही एक तालिका बनाकर अपने अवलोकनों को लिखो।

बाईं ओर		दाईं ओर	
चकतियों की संख्या	आधार से दूरी	चकतियों की संख्या	आधार से दूरी
१	५ इकाई	१	
२	३ ,,	१	
२	३ ,,	२	
२	३ ,,	३	
३	४ ,,	२	
३	४ ,,	३	
३	४ ,,	४	

आधार के बाईं ओर तीसरे निशान पर दो चकतियाँ रखो और तीसरी चकती को दाईं ओर ऐसे स्थान पर रखो जिससे पैमाना संतुलित हो जाए। दाईं ओर रखी चकती की आधार से दूरी को तालिका में लिखो। (२३)

इसके बाद दाईं ओर बारी-बारी से दो और तीन चकतियाँ एक ही स्थान पर रखकर पैमाने को संतुलित करने का प्रयास करो। इन चकतियों की आधार से दूरी तालिका में लिखो। (२४)

अंत में बाईं ओर चौथे निशान पर तीन चकतियों को रखो और पैमाने को संतुलित करने के लिए दाईं ओर बारी-बारी से दो, तीन और चार चकतियों को साथ-साथ रखो। दाईं ओर रखी चकतियों की आधार से दूरी तालिका में लिखो। (२५)

यदि दाईं ओर छह चकतियों को एक साथ रखकर पैमाने को संतुलित करना हो तो उन्हें आधार से कितनी दूर रखना पड़ेगा ? (२६)

प्रयोग करके देखो कि तुम्हारा अनुमान कहाँ तक सही है। (२७)

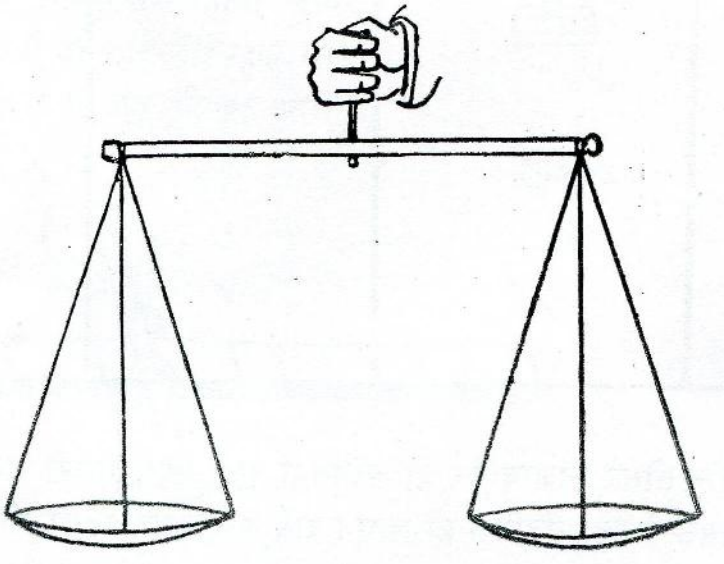
इस प्रकार हम इस निष्कर्ष पर पहुँचते हैं कि जब पैमाना क्षैतिज हो तो बाईं ओर रखी चकतियों की संख्या और उनकी आधार से दूरी का गुणनफल आधार के दाईं ओर रखी चकतियों की संख्या और उनकी आधार से दूरी के गुणनफल के बराबर होता है।

सामान्य तुला

तुम्हें एक उत्तोलक, कुछ बाट और अज्ञात भार का एक गुटका दिया हुआ है। इस गुटके को आधार के एक ओर चौथे निशान से लटकाओ। आधार के दूसरी ओर २०० ग्राम-बल के बाट को इस प्रकार लटकाओ कि उत्तोलक संतुलित हो जाय। इस प्रयोग द्वारा गुटके का भार पता करो। (२८)

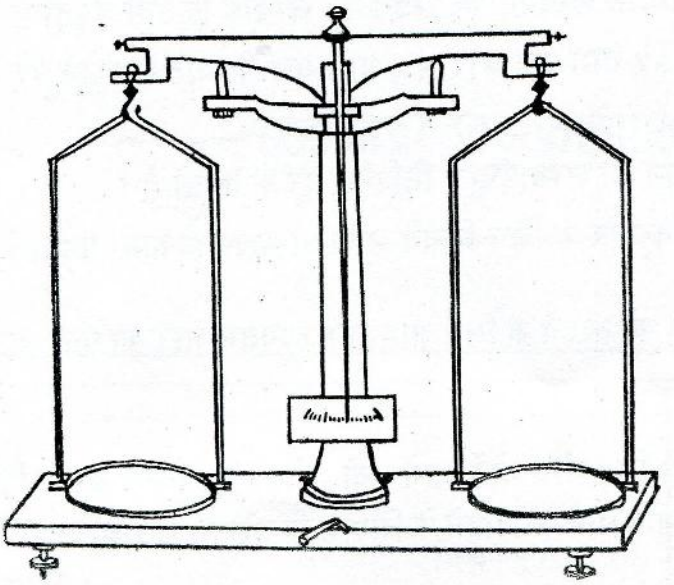
यदि गुटके को हम एक ओर आठवें निशान से लटकाते हैं तो दूसरी ओर के आठवें निशान पर कितने ग्राम-बल का बाट उत्तोलक को संतुलित करने के लिए लटकाना पड़ेगा ? (२९)

प्रयोग करके देखो कि तुम्हारा अनुमान कहाँ तक सही है। (३०)

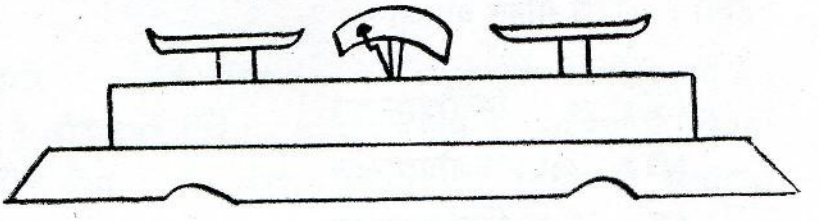


चित्र–५३
साधारण तुला

यदि दो वस्तुएँ आधार के दोनों ओर बराबर दूरी पर लटकाने से उत्तोलक को संतुलित रखती हैं तो दोनों का भार बराबर होता है। विभिन्न पदार्थों के भार पता करने का यह एक सरल तरीका है। जिन यंत्रों को हम इस काम में लाते हैं, उन्हें तुला कहा जाता है। साधारणतया काम में आने वाली तीन विभिन्न प्रकार की तुलाओं के चित्र यहाँ दिए गए हैं।



चित्र–५४
भौतिक तुला



चित्र–५५
एक और तरह की तुला

गृहकार्य

१. एक स्प्रिंग से विभिन्न भार के बाट लटकाए गए और उसकी बदलती हुई लम्बाइयाँ नापी गईं। इस प्रयोग के परिणाम नीचे लिखी तालिका में दिए गए हैं :

बाट का भार	स्प्रिंग की लम्बाई
० ग्राम-बल	१३.४ से० मी०
५० ,,	१३.७ ,,
१०० ,,	१४.० ,,
१५० ,,	१४.३ ,,
२०० ,,	१४.६ ,,
२५० ,,	१५.० ,,
३०० ,,	१५.४ ,,
३५० ,,	१५.९ ,,
४०० ,,	१६.४ ,,

(क) १५० ग्राम-बल का बाट लटकाने पर स्प्रिंग की लम्बाई कितनी बढ़ती है ?

(ख) १२५ ग्राम-बल, १७५ ग्राम-बल और २५ ग्राम-बल के बाट लटकाने पर स्प्रिंग की लम्बाई क्या होगी ?

(ग) किस वजन तक स्प्रिंग की लम्बाई एक निश्चित दर से बढ़ती है ?

(घ) २.३ से० मी० के विस्तार के लिए कितने भार का बाट लटकाना पड़ेगा ?

२. प्रयोग द्वारा किस प्रकार एक धागे को तोड़ने के लिए आवश्यक न्यूनतम भार का पता लगाओगे ? चित्र द्वारा स्पष्ट करो।

एक प्रयोग से यह पता लगा कि १ मि० मी० मोटे धागे को तोड़ने के लिए आधा किलोग्राम-बल पर्याप्त है, और ४ मि० मी० मोटे धागे को तोड़ने के लिए ८ किलोग्राम-बल आवश्यक है।

३ मि० मी० मोटे धागे को तोड़ने के लिए नीचे दिए हुए भारों में से कौन-सा भार पर्याप्त होगा ? कारण सहित बताओ।

(क) ३.० किलोग्राम-बल

(ख) ४.५ किलोग्राम-बल

(ग) ३.५ किलोग्राम-बल

(घ) ६.० किलोग्राम-बल

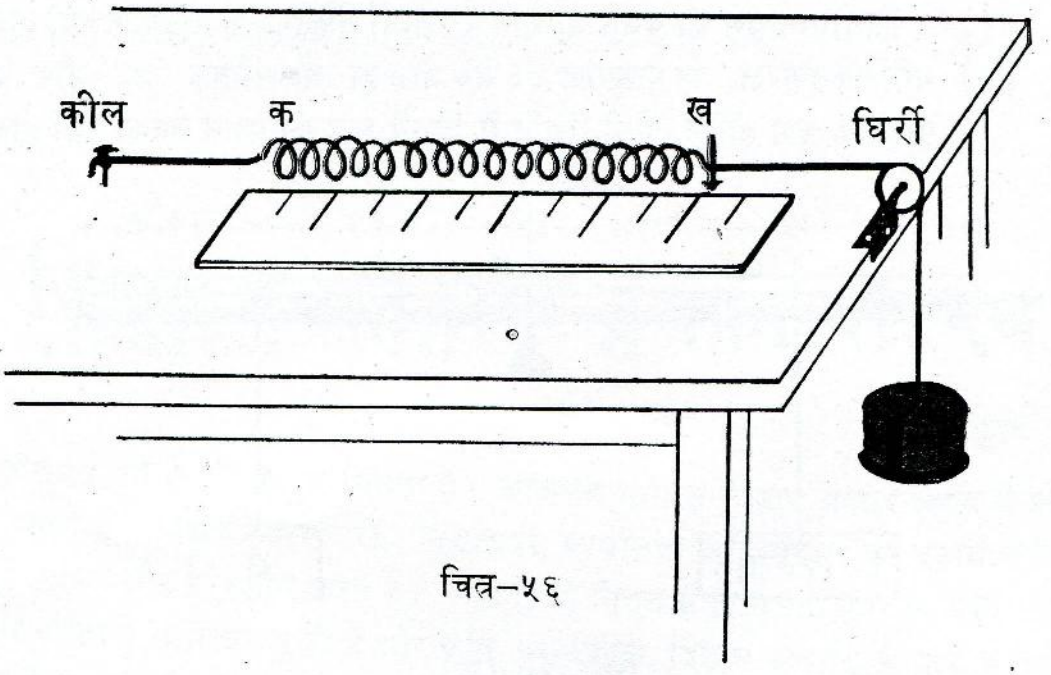
३. (क) चित्र-५६ को देखो। इसमें एक स्प्रिंग के एक सिरे को डोरी द्वारा मेज़ पर गड़ी हुई एक कील से बाँध दिया गया है। स्प्रिंग के दूसरे सिरे पर भी एक डोरी बँधी है जो एक घिर्री के ऊपर से होकर नीचे जाती है। इस डोरी के निचले सिरे से जब हम वजन लटकाते हैं तो स्प्रिंग की लम्बाई में विस्तार होता है जिसे संकेतक और पैमाने द्वारा नाप लिया जाता है। प्रयोग में यह देखा गया कि बिना किसी वजन के संकेतक १५ से० मी० पाठ्यांक दर्शाता है; और प्रत्येक बार १ किलोग्राम-बल बढ़ाने पर स्प्रिंग की लम्बाई २ से० मी० बढ़ जाती है।

(१) यदि लटकाए हुए वजन का भार ४ किलोग्राम-बल हो तो संकेतक का पाठ्यांक क्या होगा?

(२) लटके हुए वजन में से १ किलोग्राम-बल का भार कम करने पर संकेतक किस ओर, और कितना जाएगा ?

(३) अगर तुम २० से० मी० पाठ्यांक पाना चाहो तो तुम्हें कितने भार का वजन लटकाना पड़ेगा ?

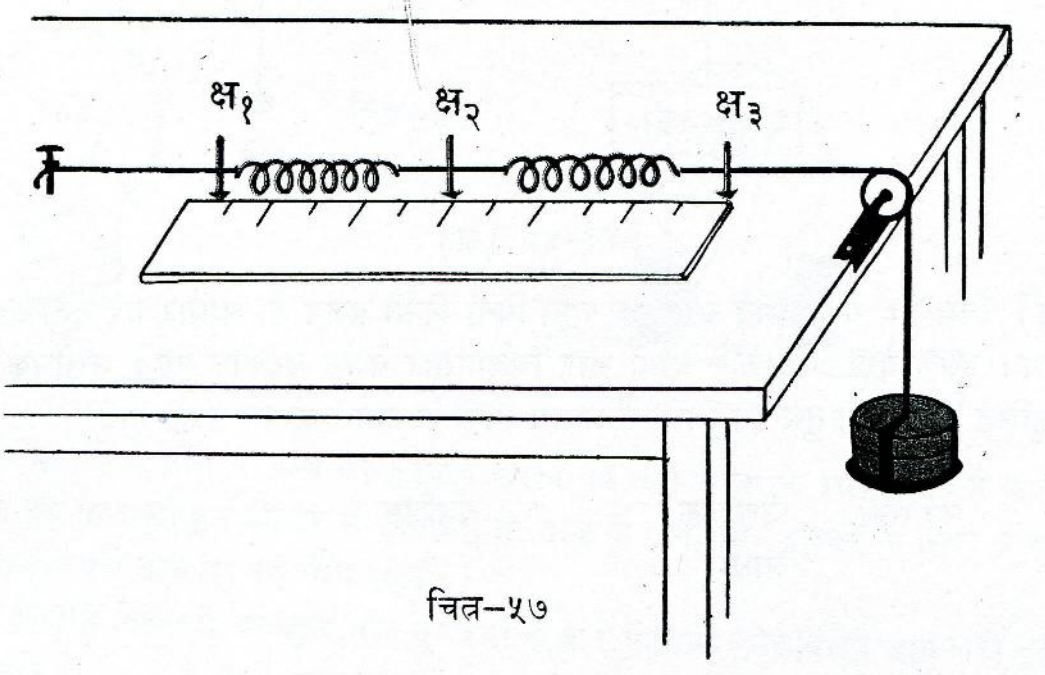
(४) ऊपर के प्रयोग में घिर्री की क्या उपयोगिता है ?



चित्र–५६

(ख) अगले प्रयोग में ऊपर जैसी दो स्प्रिंगें चित्र-५७ में दिखाए ढंग से जोड़ी गई हैं। उनका एक सिरा मेज़ पर कसा है और दूसरे सिरे पर वजन लटकाने की व्यवस्था है। स्प्रिंगों के दोनों सिरों पर और उनके ठीक बीच में तीन संकेतक लगाए गए हैं जिनकी स्थितियों को पैमाने पर देखा जा सकता है।

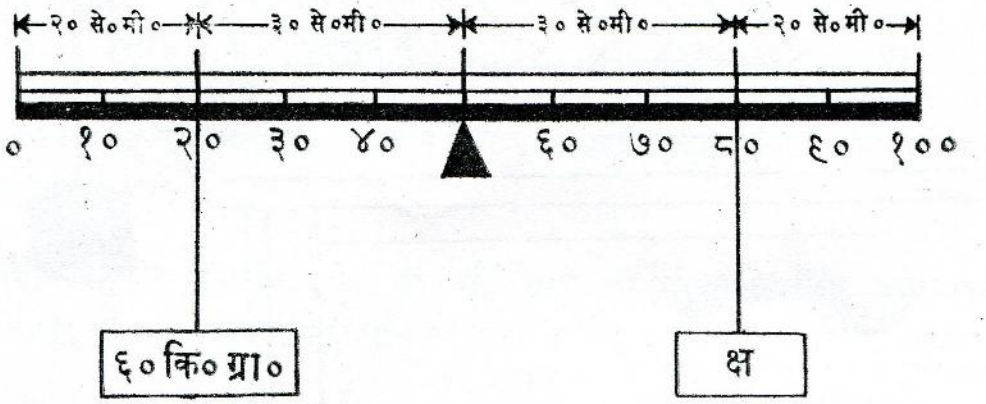
प्रयोग शुरू करने से पहले '$क्ष_१$', '$क्ष_२$' और '$क्ष_३$' संकेतकों के पाठ्यांक क्रमशः ५ से० मी०, २० से० मी० और ३५ से० मी० हैं।



चित्र–५७

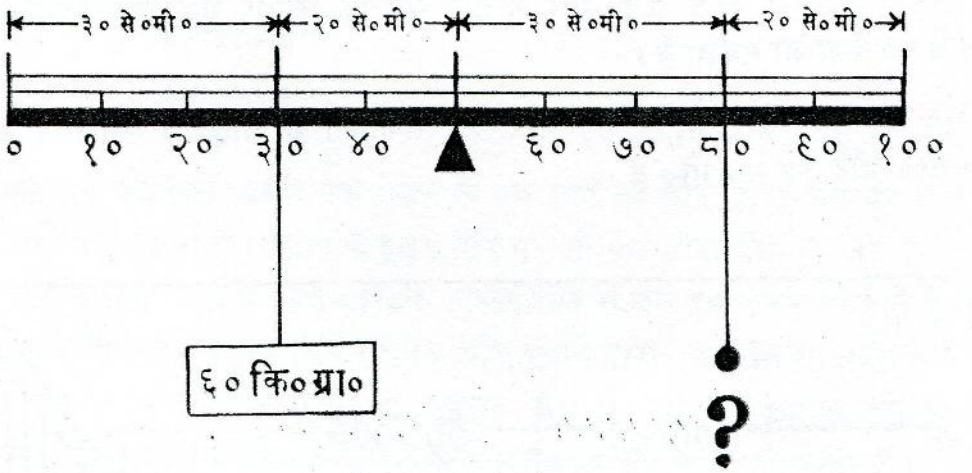
(१) २ किलोग्राम-बल का वजन लटकाने पर तीनों संकेतकों के पाठ्यांक क्या होंगे ?

(२) यदि संकेतक 'क्ष$_२$' का पाठ्यांक ३० से० मी० हो तो संकेतक 'क्ष$_१$' और 'क्ष$_३$' के पाठ्यांक क्या होंगे ? ऐसी स्थिति में कितने भार का वजन लटका हुआ होगा ?



चित्र–५८ (क)

४. (क) जिस उत्तोलक का तुमने अभी अध्ययन किया है उसके जैसे ही दो और उदाहरण अपने दैनिक जीवन से दो।



चित्र–५८ (ख)

(ख) चित्र-५८ में प्रदर्शित उत्तोलक पहले बिना किसी वजन के आधार पर संतुलित किया गया। इसके बाद आधार के दोनों ओर चित्रानुसार वजन लटकाए गए। उत्तोलक तब भी संतुलित रहा। क्या तुम इन चित्रों में अज्ञात भारों के मान पता कर सकते हो ?

नये शब्द : उत्तोलक संतुलित
आधार