अध्यायः

12 घर्षणम्

भवद्भिः पथसङ्केतस्थानेषु चालकः कारयानम् अथवा ट्रकयानं मन्दं कुर्वन् दृष्टः स्यात् । यदा एव आवश्यकं भवति भवन्तः अपि अवरोधक स्वद्विचक्रिकायानं मन्दं कुर्वन्ति । किं भवद्भिः कदाचित् चिन्तितं यत् अवरोधकेन वाहनानि मन्दानि किमर्थं भवन्ति ? केवलं वाहनानि एव न किमपि वस्तु यत् कस्यचित् अन्यवस्तुनः पृष्ठे गतिं कुर्वत् भवति तस्यां स्थितौ अपि मन्दं भवति यस्यां स्थितौ तस्योपरि किमपि बलं न नियोजितं भवति । अन्ततः तत् स्थगितं भवति । किं भवद्भिः कुट्टीमस्योपरि लुण्ठितः कन्दुकः किञ्चित् कालानन्तरं स्थगितः भवन् दृष्टः अस्ति ? रम्भाफलस्य त्वचः उपरि पादनिक्षेपेण अस्माकं पतनं किमर्थं भवति (चित्रम् १२.१) ? कस्यचित् स्निग्धस्य तथा च आर्द्रस्य कुट्टीमस्य उपरि चलनं किमर्थं कठिनं भवति ?

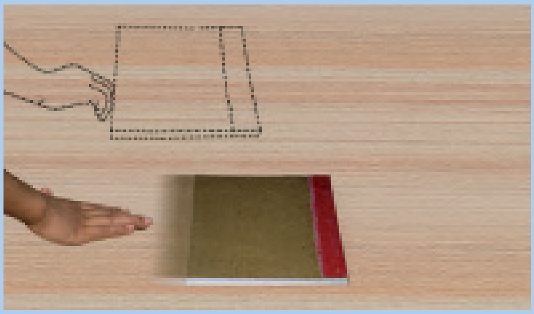
चित्रम् १२.१ : यदा कश्चित् बालकः कस्यचित् कदलीफलस्य त्वचः उपरि पादनिक्षेपं करोति तदा सः पतति ।

अस्मिन् अध्याये भवन्तः एतादृशानाम् एव प्रश्नानाम् उत्तराणि प्राप्स्यन्ति ।

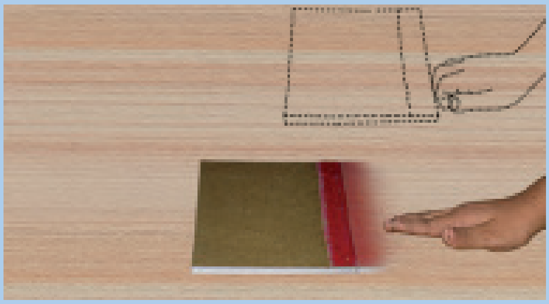
१२.१ घर्षणबलम्

गतिविधिः १२.१

उत्पीठिकायां स्थापितस्य कस्यचित् पुस्तकस्य {चित्रम् १२.२ (अ)} अपकर्षणं कुर्वन्तु । भवन्तः द्रक्ष्यन्ति यत् किञ्चित् दूरं गत्वा इदं स्थगितं भवति । एतम् एव गतिविधिं विपरीतदिशि बलं नियोजयित्वा आवर्तयन्तु {चित्रम् १२.२ (ब)} । किम् अधुना अपि पुस्तकं स्थगितं भवति । किं भवन्तः एतस्य स्पष्टीकरणं चिन्तितुं शक्नुवन्ति ? किं वयम् एवं वक्तुं शक्नुमः यत् पुस्तकस्य गत्याः विरोधाय तस्मिन् किमपि बलं नियोजितं भवेत् ? इदमेव बलं घर्षणम् इति कथ्यते ।



(अ)



(ब)

चित्रम् १२.२ (अ) तथा च (ब) : घर्षणं पुस्तकस्य तथा च उत्पीठिकायाः पृष्ठानां सापेक्षगत्याः विरोधं करोति ।

भवद्भिः दृष्टं स्यात् यत् यदि भवन्तः वामदिशि बलं नियोजयन्ति तदा घर्षणं दक्षिणस्यां दिशि कार्यं करोति । यदि भवन्तः दक्षिणस्यां दिशि बलं नियोजयन्ति तर्हि घर्षणं वामदिशि कार्यं करोति । उभयोः स्थितयोः घर्षणं पुस्तकस्य गत्याः विरोधं करोति । घर्षणबलं सदैव नियोजितबलस्य विरोधं करोति ।

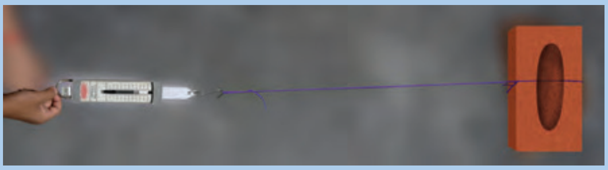
उपर्युक्तगतिविधौ घर्षणबलं पुस्तकस्य तथा च उत्पीठिकायाः पृष्ठस्य मध्ये कार्यं करोति ।

किं सर्वेषु पृष्ठेषु समानं घर्षणबलं नियोजितं भवति ? किम् इदं पृष्ठस्य स्निग्धतायाम् आश्रितं भवति ? आगच्छन्तु ज्ञास्यामः।

१२.२ घर्षणप्रभाविकारकाः

गतिविधिः १२.२

काञ्चित् इष्टिकां परितः एकं सूत्रं बध्नन्तु । इष्टिकायाः कुण्डलीतुला तुलया कुर्वन्तु (चित्रम् १२.३) । भवता कस्यचित् बलस्य नियोजनं करणीयं भवति । यावत् इष्टिका गतिं प्रारभते तुलायाः पाठ्याङ्कं लिखन्तु । एतेन भवद्भिः तस्य घर्षणस्य मापानि प्राप्स्यन्ते यानि मापानि इष्टिकायाः तथा च कुट्टीमस्य पृष्ठानां मध्ये नियोजितनि भवन्ति ।

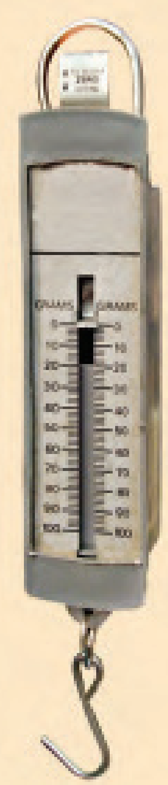


चित्रम् १२.३ : तुलया इष्टिकायाः आकर्षणम्

अधुना इष्टिकायां प्लास्टिक् इति अस्य कणं वेष्टयन्तु तथा च गतिविधेः पुनरावर्तनं कुर्वन्तु । किं भवन्तः उपर्युक्तस्थितयोः तुलायाः मापेषु किमपि अन्तरं प्राप्नुवन्ति ? एतस्य अन्तरस्य कारणं किं भवितुं शक्नोति ? इष्टिकायां शणस्य एकं भागं वेष्टयित्वा एतस्य गतिविधेः पुनरावर्तनं कुर्वन्तु । भवद्भिः किं प्राप्तम् ?

यन्त्रतुला

यन्त्रतुला सा युक्तिः अस्ति यया कस्यचित् वस्तुनि नियोजितस्य बलस्य मापनं क्रियते । एतस्याम् एकं कुण्डलितं स्वचालितयन्त्रं भवति यस्य बलनियोजने सति प्रसारः भवति । यन्त्रस्य एतस्य प्रसारस्य मापनम् एतस्य अंशाङ्कितमापिकायां चल्यमानस्य सङ्केतकस्य द्वारा क्रियते । मापिकायाः पाठ्याङ्कस्य द्वारा बलस्य परिमाणं प्राप्यते ।



गतिविधिः १२.३

कस्मिंश्चित् स्निग्धकुट्टीमे अथवा उत्पीठिकायाम् आनतसमतलस्य निर्माणं कुर्वन्तु । एतदर्थं भवन्तः इष्टिकानां साहाय्येन स्थापितस्य काष्ठपटलस्य उपयोगं कर्तुं शक्नुवन्ति {चित्रम् १२.४(अ)} । आनतसमतलस्य कस्मिंश्चित् बिन्दौ अ इति कस्यापि चिह्नस्य अङ्कनं कुर्वन्तु । अधुना कस्यचित् अङ्किनीकोशस्य एतस्योपरि लोडनं कारयन्तु । स्थगनात् पूर्वम् इदम् उत्पीठिकायाः उपरि कियत् दूरं गच्छति ? एतस्य अन्तरस्य लेखनं कुर्वन्तु ।

अधुना उत्पीठिकायां कस्यचित् वस्त्रस्य सारणं कुर्वन्तु । सुनिश्चितं कुर्वन्तु यत् वस्त्रे दोषः न स्यात् । उपर्युक्तं गतिविधिं पुनः कुर्वन्तु{चित्रम् १२.४(ब)} ।

(अ)

(ब)

***चित्रम् १२.४ :** अङ्किनीकोशः विभिन्नपृष्ठेषु भिन्नानां अन्तराणां गमनं करोति ।*

उत्पीठिकायां सिकतायाः अल्पवलिं प्रसार्य एतस्य गतिविधेः पुनरावर्तनं कुर्वन्तु । समस्तगतिविधौ आनतसमतलस्य आकारं समानं स्थापयन्तु ।

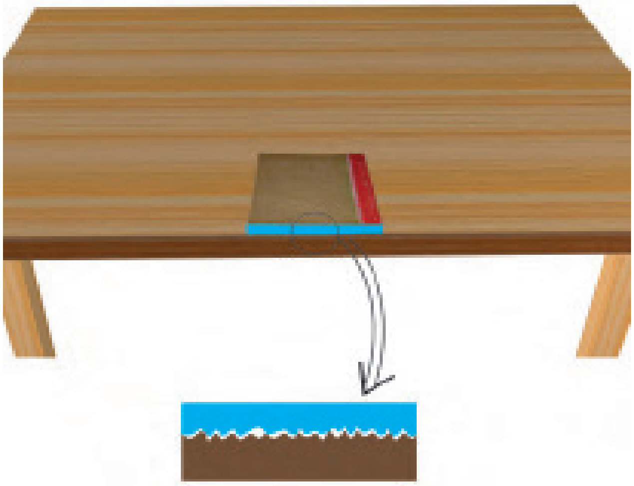
कस्यां स्थितौ अङ्किनीकोशस्य चलितं अन्तरम् अधिकं न्यूनं वर्तते ? कोशद्वारा प्रत्येकस्मिन् काले चलितं दूरं भिन्नं भिन्नं किमर्थं भवति ? एतस्य कारणं ज्ञातुं प्रयत्नं कुर्वन्तु । स्वपरिणामोपरि चर्चां कुर्वन्तु ।

किं कोशद्वारा चलितं दूरं यस्मिन् पृष्ठे तच्चलति तस्य प्रकृतौ आश्रितं भवति ।

किम् अङ्किनीकोशस्य पृष्ठस्य स्निग्धता अपि चलितं दूरं प्रभावयति ?

अहम् एतं गतिविधिं कोशस्य उपरि रेगमाल् इति अस्य कणं वेष्टयित्वा करिष्यामि ।

घर्षणं सम्पर्के आगतानां पृष्ठानाम् अनियमिततानां कारणेन भवति । एतादृशानि पृष्ठानि यानि दर्शने बहुस्निग्धानि प्रतीयन्ते तेष्वपि बह्व्यः अनियमितताः भवन्ति (चित्रम् १२.५) । द्वयोः पृष्ठयोः अनियमितताः परस्परम् अन्तः प्रविशन्ति । यदा वयम् एकस्मिन् पृष्ठे द्वितीयं पृष्ठं गतिं कारयितुं प्रयासं कुर्मः तदा अस्माभिः एतस्य अन्तःबन्धनस्य उपरि प्रभावं स्थापयितुं किञ्चित् बलं नियोजनीयं भवति । रूक्षपृष्ठेषु एताः अनियमितताः अधिकसङ्ख्यायां भवन्ति । अतः यदि पृष्ठः रूक्षः भवेत् तदा घर्षण-बलम् अधिकं भवति ।



चित्रम् १२.५ : पृष्ठीयाः अनियमितताः

अस्माभिः इदम् अपि शिक्षितम् अस्ति यत् द्वयोः पृष्ठयोः मध्ये अनियमिततानाम् अन्तर्बन्धनस्य कारणेन घर्षण-बलं भवति । स्पष्टम् अस्ति यत् यदि पृष्ठानां बलात् नोदनं क्रियते तदा घर्षणे वृद्धिः भविष्यति । एतस्य अनुभवः भवन्तः तस्य कटस्य आकर्षणं कृत्वा कर्तुं शक्नुवन्ति यदा काचित् व्यक्तिः तस्योपरि उपविष्टा न भवेत् तथा च यदा काचन व्यक्तिः तस्योपरि सुप्ता न स्यात् ।

चित्रम् १२.६ : *मञ्जूषां गतिमानां स्थापयितुं निरन्तरम् अपकर्षणं करणीयं भवति ।*

स्वकीयस्य तस्य अनुभवस्य स्मरणं कुर्वन्तु यदा गतकाले भवद्भिः कस्याश्चित् मञ्जूषायाः एकस्मात् स्थानात् अपरस्थानम् अपकर्षणं कृतम् आसीत् (चित्रम् १२.६) । यदि भवताम् एतादृशः कश्चन अनुभवः नास्ति तर्हि अधुना एतादृशम् अनुभवं कुर्वन्तु । किं कार्यं सरलम् अस्ति ? विरामावस्थातः कस्याश्चित् मञ्जूषायाः गतिशीलतायाम् आनयनम् अथवा कस्याश्चित् गतिशीलमञ्जूषायाः तस्याः एव दिशि अपकर्षणम् ।

कस्यचित् वस्तुनः विरामात् गतिप्रारम्भस्य स्थितौ घर्षणस्य नियन्त्रणाय वस्तुनि नियोजितं बलं स्थैतिकघर्षणस्य मापं भवति । एतस्य विपरीतं कस्यचित् वस्तुनः तस्याम् एव गत्यां स्थापयितुम् आवश्यकं बलं तस्य सर्पिघर्षणस्य मापं भवति ।

यदा मञ्जूषायाः अपकर्षणं प्रारभते तदा पृष्ठानां बिन्दुभ्यः तावान् समयः न लभ्यते यत् ये कुट्टीमस्य सम्पर्कबिन्दुषु लिप्ताः भवेयुः । अतः सर्पिघर्षणं स्थैतिकघर्षणात् किञ्चित् न्यूनं भवति । एतदर्थं कस्याञ्चित् मञ्जूषायां गत्याः आरम्भस्य अपेक्षया पूर्वतः एव गतियुक्तायाः मञ्जूषायाः गतेः स्थापनं सरलं कार्यं भवति ।

१२.३ घर्षणं : हानिकारकं परञ्च अनिवार्यम्

अधुना केषाञ्चन अनुभवानां स्मरणं कुर्वन्तु । कस्यचित् काचस्य चषकस्य अथवा कुठारस्य मध्ये कस्य ग्रहणं सरलम् अस्ति ? कल्पनां कुर्वन्तु यत् चषकस्य बाह्यपृष्ठः स्निग्धः अस्ति अथवा तस्योपरि पाचनतैलस्य तलं युक्तम् अस्ति तदा किम् एतस्य हस्ते ग्रहणं सरलं भविष्यति अथवा अधिकं कठिनं भविष्यति ? विचारयन्तु! यदि घर्षणं न भवेत् तदा किं भवतां कृते चषकस्य ग्रहणं सम्भवं भविष्यति ?

इदम् अपि स्मरन्तु यत् संगमरमरप्रस्तरस्य आर्द्रकुट्टीमस्य अथवा पङ्कयुक्तमार्गस्य उपरि चलनं कियत् कठिनं भवति । किं भवन्तः घर्षणस्य अनुपस्थितौ चलनस्य कल्पनां कर्तुं शक्नुवन्ति ?

यदि घर्षणं न भवेत् तदा भवन्तः अङ्किन्या लेखितुम् न शक्नुवन्ति । यदा भवतां शिक्षकाः सुधाखण्डेन श्यामपट्टस्योपरि लिखन्ति तदा श्यामपट्टस्य रूक्षपृष्ठं घर्षणेन सुधाखण्डस्य कांश्चन कणान् अवतारयन्ति ये

चित्रम् १२.७ : घर्षणस्य कारणेन भित्तौ कीलकं नियोजितं भवति ।

श्यामपट्टे संश्लिष्टाः भवन्ति एवञ्च अनेन प्रकारेण श्यामपट्टस्योपरि भवतां लेखनं दृश्यते। यदि मार्गचक्रयोः मध्ये घर्षणं न भवति तर्हि यानं गतिशीलं कर्तुं न शक्यते स्म न अवरोद्धुं शक्यते स्म न च दिशः परिवर्तनं कर्तुं शक्यते स्म। अशक्नोत् तथा च नैव दिशि परिवर्तनं कर्तुम् अशक्नोत्।

यदि किमपि वस्तु गतिं प्रारभेत तदा तस्य कदापि विरामं न भविष्यति चेत् घर्षणं न भवेत्। भवन्तः भित्तौ कीलकनियोजने असमर्थाः अभविष्यन् (चित्रम् १२.७) अथवा सूत्रे वेष्टिबन्धने असमर्थाः अभविष्यन्। घर्षणं विना कस्यापि भवनस्य निर्माणं न भवितुम् शक्नोति स्म।

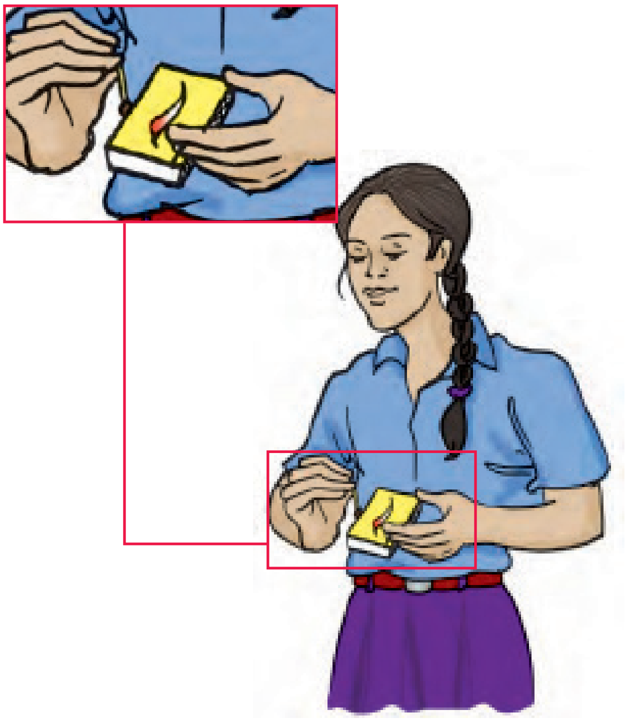
चित्रम् १२.८ : घर्षणस्य कारणेन पादत्राणानां तलानि घर्षितानि भवन्ति।

एतस्य विपरीतं घर्षणं हानिकारकम् अपि अस्ति। घर्षणस्य कारणेन वस्तूनि घर्षितानि भवन्ति तद् भवतु नाम कीलकं चक्रम् अथवा पादत्राणानां तलानि (चित्रम् १२.८)। भवद्भिः रेलस्थानकेषु पदसेतूनां घर्षितसोपानानि दृष्टानि स्युः।

घर्षणेन उष्मणः उत्पत्तिः अपि भवितुं शक्नोति। किञ्चित् कालं यावत् स्वकरतलयोः घर्षणं कुर्वन्तु (चित्रम् १२.९)। भवन्तः किम् अनुभवन्ति ? यदा भवन्तः अग्निपेटिकायाः शलाकायाः कस्यापि रूक्षपृष्ठेन सह घर्षणं कुर्वन्ति तदा सा अग्निं प्राप्नोति (चित्रम् १२.१०)।

भवद्भिः इदम् अपि दृष्टं स्यात् यत् वैद्युतमिश्रकस्य किञ्चित् कालाय चालनेन एतस्य पात्रम् उष्णं भवति। भवन्तः एतादृशानि बहूनि उदाहरणानि दातुं शक्नुवन्ति येषु घर्षणस्य द्वारा

चित्रम् १२.९ : हस्तानां घर्षणेन भवन्तः औष्ण्यम् अनुभवन्ति।



चित्रम् १२.१० : घर्षणस्य कारणेन एव अग्निशलाकायाः घर्षणेन सा अग्निं प्राप्नोति।

ऊष्मणः उत्पत्तिः भवति। वस्तुतः यदा वयं कस्यचित् यन्त्रस्य उपयोगं कुर्मः तदा घर्षणेन उत्पन्नोष्मणः कारणेन अत्यधिकायाः ऊर्जायाः नाशः भवति। निम्नलिखितानुभागे वयं घर्षणं न्यूनीकर्तुम् उपायेषु चर्चां करिष्यामः।

१२.४ घर्षणस्य वर्धापनं तथा च क्षयम्

गतानुभागेषु भवद्भिः दृष्टं यत् कासुचन परिस्थितिषु घर्षणं वाञ्छितं भवति।

किं भवद्भिः कदाचित् इदमपि चिन्तितम् अस्ति यत् भवतां पादत्राणानां तलानि कोशयुक्तानि किमर्थं सन्ति {चित्रं १२.११(अ)} । कोशाः पादत्राणानां कुट्टीमेन सह दार्ढ्यं स्थापयन्ति येन कारणेन भवन्तः चलनसमये सुरक्षिताः भवन्ति। एवमेव कारयानेषु ट्रकयानेषु तथा च बुलडोजरयानेषु अपि चक्राणि कोशयुक्तानि भवन्ति येन राजमार्गेषु तेषां दार्ढ्यं सम्यक् भवति।

(अ) (ब)

चित्रम् १२.११ : *(अ) पादत्राणानि (ब) चक्राणां तलानि कोशयुक्तानि निर्माय घर्षणम् अधिकं क्रियते।*

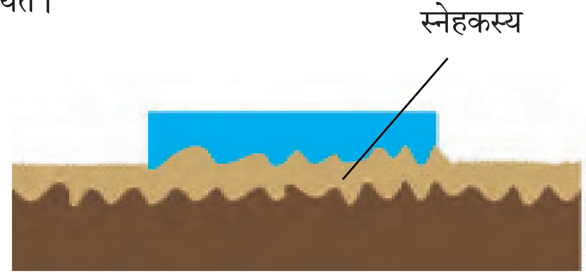
स्वचालितवाहनानां तथा च द्विचक्रिकाणाम् अवरोधनप्रणालीषु अवरोधनतन्त्रस्य उपयोगं कृत्वा वयं ज्ञात्वा घर्षणे वृद्धिं कुर्मः। यदा भवन्तः कस्यापि द्विचक्रिकायाः चालनं कुर्वन्ति तदा तस्य अवरोधतन्त्रं चक्राणां स्पर्शं न करोति । परञ्च यदा भवन्तः अवरोधतन्त्रस्य केन्द्रकस्य नोदनं कुर्वन्ति तदा एतत् तन्त्रं घर्षणस्य कारणेन चक्रस्य गत्यवरोधं करोति एवञ्च एतस्य गतिः स्थगिता भवति । भवद्भिः इदं दृष्टं स्यात् यत् कबड्डीक्रीडायाः क्रीडकाः स्वहस्तोपरि मृदायाः घर्षणं कुर्वन्ति येन ते स्वप्रतिद्वन्दिनं सम्यक्तया ग्रहीतुं शक्नुयुः। बाहुव्यायामिनः स्वहस्तेषु रूक्षपदार्थस्य लेपनं कुर्वन्ति येन घर्षणे वृद्धिं कृत्वा सम्यक्तया ग्रहणं भवेत्।

यद्यपि कासुचित् अन्यासु स्थितिषु घर्षणम् अवाञ्छितं भवति। अतः वयं तत् न्यूनीकर्तुम् एषिष्यामः।

कैरमपटलोपरि भवन्तः सूक्ष्मचूर्णस्य प्रक्षेपणं किमर्थं कुर्वन्ति (चित्रं १२.१२) ? भवद्भिः इदम् अपि निरीक्षितं स्यात् यत् यदा वयं द्वाराणां संयोजकेषु तैलस्य कांश्चन बिन्दून् क्षिपामः तदा द्वारं सहजतया भ्रमति। द्विचक्रिकायाः तथा च यन्त्राणाम् अभियान्त्रिकाः एतेषां यन्त्राणां गतिशीलभागेषु संश्लेषकं संश्लेषयन्ति । उपर्युक्तासु सर्वासु परिस्थितिषु वयं दक्षतायां वृद्धये घर्षणं न्यूनीकुर्मः । यदा तैलं संश्लेषकः अथवा ग्रेफाइट् इत्येतेषां कस्यचित् यन्त्रे

चित्रं १२.१२ : *घर्षणं न्यूनीकर्तुं कैरमपटलोपरि चूर्णं क्षिप्तम् अस्ति।*

गतिशीलभागेषु नियोजनं कुर्मः तदा तत्र एतेषाम् एकस्याः सूक्ष्मवल्याः निर्माणं भवति तथा च गतिशीलपृष्ठानि साक्षात् परस्परं घर्षणं न कुर्वन्ति (चित्रम्१२.१३) । एवम् अनियमितताना‍म् अन्तःबन्धनस्य अन्तःपाशनं बहुसीमां यावत् भवति । गतिः सरला भवति । घर्षणं न्यूनीकर्तृभ्यः पदार्थेभ्यः स्नेहकम् इति कथ्यते । केषुचित् यन्त्रेषु स्नेहकरूपेण तैलस्य प्रयोगः न करणीयः इति परामर्शः दीयते। तत्र घर्षणं न्यूनीकर्तुं गतिशीलभागेषु वायोः वल्याः उपयोगः क्रियते।



चित्रं १२.१३ : स्नेहकस्य प्रभावः

किं वयं पृष्ठेषु रञ्जनं कृत्वा अथवा अत्यधिकमात्रायां स्नेहकपदार्थानाम् उपयोगं कृत्वा घर्षणं न्यूनीकृत्य शून्यं कर्तुं शक्नुमः?

घर्षणं कदापि पूर्णतया समाप्तं न भवितुं शक्नोति। किमपि पृष्ठं पूर्णतया स्निग्धं न भवति तत्र काश्चन अनियमितताः अवश्यमेव भवन्ति।

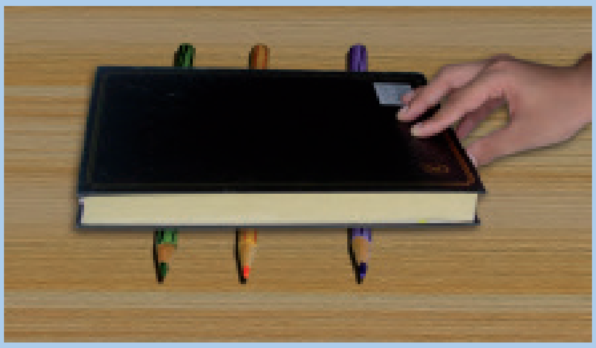
१२.५ चक्राणि घर्षणं न्यूनीकुर्वन्ति

भवद्भिः मञ्जूषायां तथा च अन्यभारयुक्तेषु वस्तुषु चक्राणि खचितानि दृष्टानि स्युः। एतादृशवस्तूनां कश्चित् लघुः बालकः अपि सरलतया आकर्षणं कर्तुं शक्नोति (चित्रं १२.१४)। एवं किमर्थं भवति ? आगच्छन्तु ज्ञास्यामः।

चित्रम् १२.१४ : लुण्ठनं घर्षणं न्यूनीकरोति

गतिविधिः १२.४

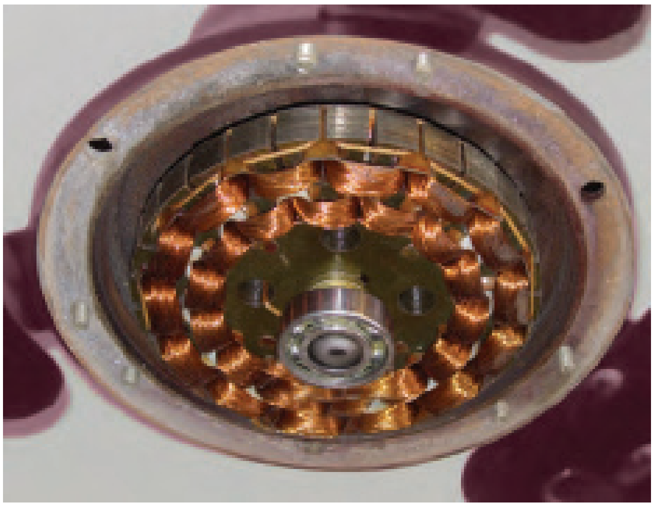
वलयाकाराकृतियुक्ताः काश्चन अङ्किनीः स्वीकुर्वन्तु। एताः उत्पीठिकायां परस्परं समान्तरेण स्थापयन्तु। एतासाम् उपरि स्थूलं पुस्तकं स्थापयन्तु (चित्रम् १२.१५)। अधुना पुस्तकस्य अपकर्षणं कुर्वन्तु। भवन्तः प्राप्स्यन्ति यत् पुस्तकस्य गतिशीलतायाम् अङ्किन्यः लुठन्ति। अङ्किन्याः एतादृशी गतिः लुण्ठनगतिः उच्यते। किं भवन्तः इदम् अनुभवन्ति यत् पुस्तकस्य अपकर्षणस्य तुलनायाम् एतस्य गतिशीलतायां घर्षणं न्यूनम् अभवत्? किं भवद्भिः भारयुक्तयन्त्राणाम् अधः काष्ठस्य लोष्टान् स्थापयित्वा एकस्मात् स्थानात् द्वितीयं स्थानं प्रति नयनं दृष्टम् अस्ति ?



चित्रम् १२.१४ : भ्रामकेषु पुस्तकस्य गतिः

यदा किमपि वस्तु कस्यचित् अपरवस्तुनः पृष्ठस्य उपरि लुण्ठनं करोति तदा तस्य गत्याः प्रतिरोधं लोडनघर्षणम् इति कथ्यते। लोडनक्रिया घर्षणं न्यूनीकरोति। कस्यचित् वस्तुनः अपरवस्तुनि अपकर्षणस्य अपेक्षया लुण्ठनं सदैव सरलं भवति। इदमेव कारणमस्ति यत् भ्रामकयुक्तवस्तूनाम् आकर्षणं सौविध्येन पूर्णं भवति। किम् अधुना भवन्तः अवगन्तुं शक्नुवन्ति यत् चक्रस्य आविष्कारः मानवजातेः महान् अन्वेषणेषु किमर्थं गण्यते ?

यतो हि लोडनघर्षणं सर्पिघर्षणात् न्यूनं भवति एतदर्थं अधिकांशतः यन्त्रेषु सर्पणस्य बालबेयरिङ्गचक्रस्य उपयोगेन लुण्ठनं प्रतिस्थापनं क्रियते। छदिनः व्यजनानि तथा च द्विचक्रिकायां नाभेः मध्ये बालबेयरिङ्गचक्रस्य उपयोगः एतस्य सामान्योदाहरणानि सन्ति (चित्रम् १२.१६)।



चित्रं १२.१६ : बालबेयरिङ्गचक्राणि घर्षणं न्यूनं कुर्वन्ति।

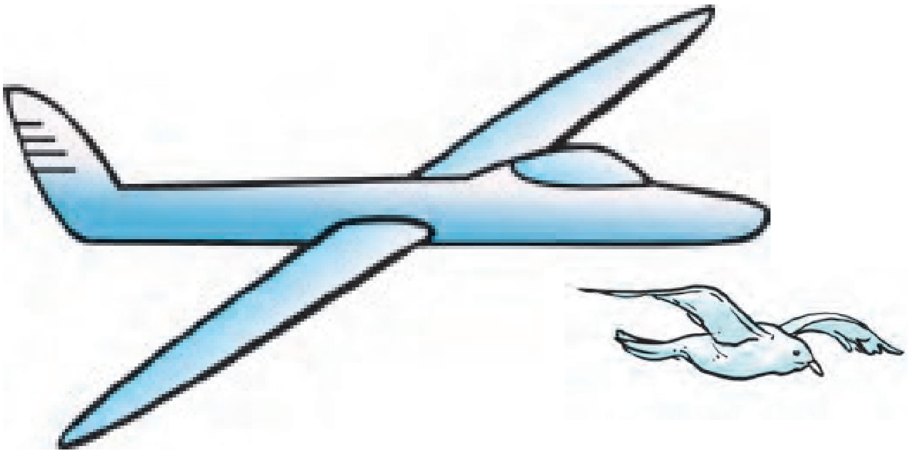
१२.६ तरलं घर्षणम्

भवन्तः जानन्ति यत् वायुः अत्यन्तम् अल्पभारयुक्तः तथा च विरलः भवति। तथापि एतेन भूत्वा गतिं कुर्वत्सु वस्तुषु वायुः घर्षणबलं नियोजयति। एवमेव जलं तथा च अन्ये द्रवाः अपि एतैः भूत्वा गतिं कुर्वत्सु वस्तुषु घर्षणं बलं नियोजयन्ति। विज्ञाने 'गैस्' इत्येतेषां कृते तथा च द्रवाणां कृते एक एव नाम प्रदत्तम् अस्ति 'तरलम्' इति। अतः वयं वक्तुं शक्नुमः यत् तरलानि एतैः भूत्वा गतिं कुर्वत्सु वस्तुषु घर्षणबलं नियोजयन्ति।

तरलैः उपयुक्तं घर्षणबलं कर्षणम् इत्यपि कथ्यते।

कस्मिन् तरले उपयुज्यमानं घर्षणबलं तस्य तरलस्य सापेक्षगतौ आश्रितं भवति। घर्षणबलं वस्तुनः आकृतौ तथा च तरलस्य प्रकृतौ आश्रितं भवति।

स्पष्टम् अस्ति यत् यदा वस्तूनि कस्मिन् अपि तरले गतिं कुर्वन्ति तदा तैः तेषु उपयुक्तं घर्षणबलस्य नियन्त्रणं करणीयं भवति। एतस्यां प्रक्रियायां तेषाम् उर्जायाः क्षयः भवति। अतः घर्षणं न्यूनातिन्यूनं कर्तुं प्रयासाः क्रियन्ते। अतः वस्तुभ्यः विशिष्टाकृतयः दीयन्ते। भवतां मतानुसारेण वैज्ञानिकैः एतेषां विशिष्टाकृतीनां विषये सङ्केताः कुतः प्राप्यन्ते ? वस्तुतः तैः एते सङ्केताः प्रकृत्याः प्राप्यन्ते पक्षिणः तथा च मीनाः तरले गतिं कुर्वन्ति। तेषां शरीराणां विकासः अनेन प्रकारेण अभवत् स्यात् यत् तरलेषु गतिसमये घर्षणस्य नियन्त्रणे तेषाम् ऊर्जायाः यथासम्भवं न्यूनक्षयः भवेत्। भवद्भिः एतासाम् आकृतीनां विषये षष्ठकक्षायाम् अध्ययनं कृतम् आसीत्। वायुयानस्य आकृतिम् अवधानेन पश्यन्तु (चित्रम् १२.१७)। किं भवद्भिः एतस्य आकृतौ तथा च कस्यचित् पक्षिणः आकृतौ कापि समानता प्राप्यते ? वस्तुतः सर्वेषां वाहनानाम् आकृतीनाम् एवं प्रकारेण निर्माणं क्रियते येन तरलघर्षणं न्यूनं भवेत्।



चित्रं १२.१७ : एकस्य वायुयानस्य तथा च पक्षिणः आकृतौ समानता।

प्रमुखाः शब्दाः

- बालबेयरिङ्गचक्रम्
- कर्षणम्
- तरलघर्षणम्
- घर्षणम्
- अन्तः बन्धनम्
- स्नेहकम्
- लुण्ठनघर्षणम्
- सर्पिघर्षणम्
- स्थैतिकं घर्षणम्

भवन्तः किं शिक्षितवन्तः

- घर्षणं सम्पर्के स्थापितयोः द्वयोः पृष्ठयोः मध्ये सापेक्षगतेः विरोधं करोति। इदम् उभयोः पृष्ठयोः कार्यं करोति।
- घर्षणं सम्पर्कस्य द्वयोः पृष्ठयोः प्रकृतौ आश्रितं भवति।
- दत्तपृष्ठयुगलस्य कृते घर्षणम् एतस्य पृष्ठानां स्निग्धावस्थायाम् आश्रितं भवति।
- घर्षणम् एतस्योपरि आश्रितं भवति यत् उभे पृष्ठे परस्परं कियता बलेन नोदनं कुरुतः।
- स्थैतिकं घर्षणं तावत् पर्यन्तं कार्यं प्रारभते यावत् वयं किमपि वस्तुनं तस्य विरामावस्थातः गतिशीलतायाम् आनयनस्य प्रयासं कुर्मः।
- सर्पिघर्षणं तदा कार्यं प्रारभते यदा किमपि वस्तु अन्यवस्तुनि सर्पिगतिं करोति।
- सर्पिघर्षणं स्थैतिकघर्षणात् न्यूनं भवति।
- घर्षणम् अस्माकं बह्वीनां गतिविधीनां कृते महत्त्वपूर्णं भवति।
- किमपि पृष्ठं रूक्षं निर्माय घर्षणस्य वृद्धिः कर्तुं शक्यते।
- पादत्राणानां तलानि तथा च वाहनानां चक्राणि घर्षणवृद्ध्यर्थं कोशयुक्तानि निर्मीयन्ते।
- कदाचित् घर्षणम् अवाञ्छनीयं भवति।
- यदा किमपि वस्तु कस्मिंश्चित् अन्यवस्तुनि लुण्ठनं करोति तदा लुण्ठनघर्षणं कार्यं प्रारभते। लुण्ठनघर्षणं सर्पिघर्षणस्य अपेक्षया न्यूनं भवति।
- केषुचित् यन्त्रेषु बालबेयरिङ्गचक्रस्य उपयोगं कृत्वा घर्षणं न्यूनीक्रियते।
- तरलेषु गतिं कुर्वतः वस्तूनि उचिताकृतिं प्रदाय घर्षणबलं न्यूनीकर्तुं शक्यते।

भवतां कृते एका प्रहेलिका

कासुचित् स्थितिषु अहं गतेः विरोधं करोमि
यद्यपि अहं गतिं सम्भवां निर्मामि परन्तु अहं
सापेक्षगतेः सदैव विरोधं करोमि
द्वयोः गतिमानयोः पृष्ठयोः मध्ये
नियोजयन्तु तत्र किञ्चित् स्नेहकं
भवामि लघ्वहं तत्र
निर्मान्तु गतिमतः पृष्ठानि रूक्षाणि
निर्मामि अहं गतिं कठिनां
अहं भवितुं शक्नोमि स्थैतिक-सर्पि-लोडनाः
परञ्च भवतः यदा पृष्ठयोः गतिमयोः
भवामि अहं सदैव तत्र कथयन्तु कोऽहम्?

अभ्यासः

१. रिक्तस्थानानि पूरयन्तु –

(क) घर्षणं परस्परं सम्पर्के स्थापितयोः द्वयोः वस्तुनोः पृष्ठानां मध्ये -------- विरोधं करोति।

(ख) घर्षणं पृष्ठानां ----------- उपरि आश्रितं भवति।

(ग) घर्षणेन -------------- उत्पन्नं भवति।

(घ) कैरमपटलोपरि चूर्णस्य प्रक्षेपणेन घर्षणं ---------------भवति।

(ङ) सर्पिघर्षणं स्थैतिकघर्षणात् ------------- भवति।

२. चत्वारि बालकान् प्रति लुण्ठनं स्थैतिकं तथा च सर्पिघर्षणस्य कारणेन बलानाम् अवरोहक्रमे व्यवस्थित करणार्थं कथितम्। तेषां व्यवस्था अधः प्रदत्ता अस्ति। अवरोहक्रमः व्यवस्थायाः चयनं कुर्वन्तु।

(क) लुण्ठनं, स्थैतिकम्, सर्पिघर्षणम्

(ख) लुण्ठनं, सर्पि, स्थैतिकम्

(ग) स्थैतिकम्, सर्पि, लुण्ठनं

(घ) सर्पि, स्थैतिकम्, लुण्ठनं

३. आलिदा स्वक्रीडनककारयानं श्वेतशैलप्रस्तरस्य शुष्ककुट्टीमे श्वेतशैलप्रस्तरस्य आर्द्रकुट्टीमे कुट्टीमे विस्तृतवार्तापत्रेषु तथा च प्रौञ्च्छवस्त्रे चालयति। कारयानस्य उपरि विभिन्नपृष्ठानां द्वारा नियोजितस्य घर्षणबलस्य आरोहक्रमः भविष्यति –

(क) श्वेतशैलप्रस्तरस्य आर्द्रकुट्टीमः, श्वेतशैलप्रस्तरस्य शुष्ककुट्टीमः, वार्तापत्रम्, प्रौञ्च्छवस्त्रम्

(ख) वार्तापत्रम्, प्रौञ्च्छवस्त्रम्, श्वेतशैलप्रस्तरस्य शुष्ककुट्टीमः, श्वेतशैलप्रस्तरस्य आर्द्रकुट्टीमः

(ग) प्रौञ्च्छवस्त्रम्, वार्तापत्रम्, श्वेतशैलप्रस्तरस्य शुष्ककुट्टीमः, श्वेतशैलप्रस्तरस्य आर्द्रकुट्टीमः

(घ) श्वेतशैलप्रस्तरस्य आर्द्रकुट्टीमः, श्वेतशैलप्रस्तरस्य शुष्ककुट्टीमः, प्रौञ्च्छवस्त्रम्, वार्तापत्रम्

४. कल्पनां कुर्वन्तु भवन्तः स्वासनोत्पीठिकायाः किञ्चित् नुतिं कुर्वन्ति। तस्याः उपरि स्थापितं किमपि पुस्तकम् अधः प्रति अपकर्षति। एतस्योपरि नियोजितस्य घर्षणबलस्य दिशं ज्ञापयन्तु।

५. कल्पयन्तु यत् दुर्घटनावशात् फेनकजलेन पूरितायाः द्रोण्याः कुट्टीमस्य उपरि क्षेपणं भवेत्। अस्मिन् आर्द्रकुट्टीमे भवतां कृते चलनं सरलं भविष्यति अथवा कठिनम्। स्वोत्तरस्य कारणानि ज्ञापयन्तु।

६. क्रीडकाः कीलकयुक्तान् पादत्राणान् किमर्थं धारयन्ति ? व्याख्यां कुर्वन्तु।

७. इकबालेन अल्पभारयुक्तायाः पेटिकायाः अपकर्षणं करणीयं तथा च सीमायाः तस्य एव कुट्टीमस्य उपरि भारयुक्तायाः पेटिकायाः अपकर्षणं करणीयम् अस्ति। कः अधिकस्य घर्षणबलस्य अनुभवं करिष्यति तथा च किमर्थम् ?

८. व्याख्यां कुर्वन्तु सरिघर्षणं स्थैतिकघर्षणात् न्यूनं किमर्थं भवति।

९. वर्णनं कुर्वन्तु घर्षणं केन प्रकारेण शत्रुः मित्रम् उभे स्तः।

१०. वर्णनं कुर्वन्तु तरले गतिं कुर्वतां वस्तूनाम् आकृतयः विशिष्टाः किमर्थं निर्मीयन्ते ?

विस्तारित-अधिगमः – गतिविधयः परियोजनाश्च

१. भवतां रुचेः क्रीडायां घर्षणस्य का भूमिका अस्ति ? एतस्याः क्रीडायाः कानिचन एतादृशानि चित्राणि एकत्र कुर्वन्तु येषु क्रीडनसमये घर्षणं वा तु साहाय्यं करोति अथवा विरोधं करोति । स्वकक्षायाः सूचनापट्टस्योपरि एतानि चित्राणि उचितशीर्षकेण सह प्रदर्शयन्तु ।

२. कल्पनां कुर्वन्तु यत् घर्षणं सद्यः समाप्तं भवेत् । एतेन जीवनं केन प्रकारेण प्रभावितं भविष्यति । एतादृशीनां दश परिस्थितीनां सूचीं निर्मान्तु ।

३. किमपि एतादृशम् आपणं गच्छन्तु यत्र क्रीडायाः पादत्राणाः प्राप्यन्ते । विभिन्नानां क्रीडानां पादत्राणतलानां प्रेक्षणं कुर्वन्तु । स्वप्रेक्षणानां वर्णनं कुर्वन्तु ।

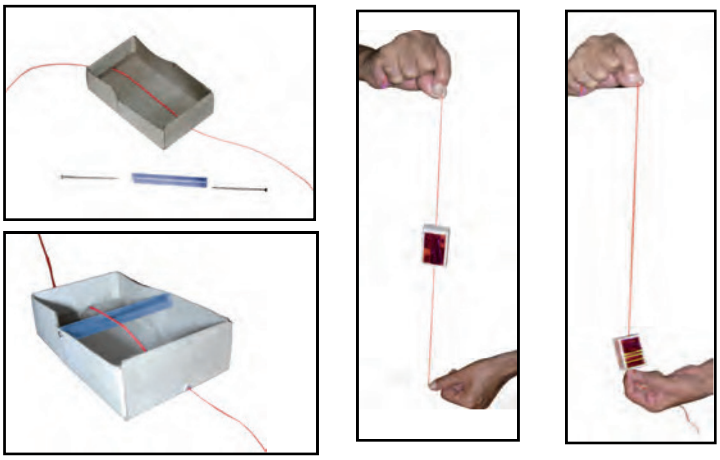
४. एकं क्रीडनकं निर्मान्तु अग्निपेटिकायाः एकां रिक्तां पेटिकां स्वीकुर्वन्तु । एतस्याः आधानिकां निष्कासयन्तु । चित्रे दर्शितानुसारं कस्याश्चित् लेखन्याः अनुपयोगिनीं पुनः पूरणीं स्वीकृत्य तस्याः आधानिकायाः वैशाल्यस्य समानं कर्तनं कुर्वन्तु । पुनःपूरण्याः १२.१८ चित्रे दर्शितानुसारं सन्दंशिकयोः साहाय्येन आधानिकायाः उपरि भागे योजनं कुर्वन्तु । आधानिकायाः प्रमुखफलकोपरि छिद्रनिर्माणं कुर्वन्तु । इदं सुनिश्चितं कुर्वन्तु यत् छिद्राणि एतावत्स्थूलानि भवेयुः येन सूत्रस्य प्रवेशः सरलतया कर्तुं शक्यते। मीटरपरिमाणयुक्तं सूत्रं गृहीत्वा तस्य प्रवेशः चित्रे दर्शितानुसारं कारयन्तु । सूत्रस्य उभयोः भागयोः मणिं बध्नातु येन तद् आधानिकायाः बहिः मा आगच्छेत् । अधुना अधानिकायाम् अग्निपेटिकायाः आवरणं स्थापयन्तु ।

अग्निपेटिकां सूत्रेण अवलम्बयन्तु । सूत्रं मुक्तं त्यजेत् ।

अग्निपेटिका गुरुत्वबलस्य कारणेन अधः पतनं प्रारप्स्यन्ति ।

अधुना सूत्रं दृढं कुर्वन्तु तथा च प्रेक्षणं कुर्वन्तु किं भवति ।

स्वप्रेक्षणस्य व्याख्यां कुर्वन्तु । किं भवन्तः एतस्याः घटनायाः घर्षणेन सह सम्बन्धं स्थापितं कर्तुं शक्नुवन्ति?



चित्रं १२.१८

अधः प्रदत्तजालपुटेषु भवन्तः सम्बन्धितविषयोपरि अधिकम् अध्ययनं कर्तुं शक्नोति :

- http:/www.school-for-champians.com/science/friction.htm
- http:/hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/hbase/firct2.html