NEET

HINDI - MEDIUM

MATERIAL

PHYSICS

न्यूटन के गति के नियम (NEWTON'S LAWS OF MOTION)

बल (FORCE) :

प्रत्येक व्यक्ति अपने दैनिक अनुभव से बल के बारें में सामान्य समझ रखता है। जब आप अपने भोजन की खाली थाली को धकेलते हैं तो आप उस पर बल आरोपित करते हैं। ठीक उसी प्रकार जब आप गेंद को फेंकते हैं या ठोकर मारते हैं तो आप गेंद पर एक बल आरोपित करते हैं। इन उदाहरणों में, 'बल' शब्द का सम्बन्ध माँसपेशीय गतिविधि तथा वस्तु के वेग में परिवर्तन से है।

बलों के प्रकार (Types of Forces) :

1. सम्पर्क बल (Contact forces): जब भी दो वस्तुऐं एक–दूसरे के सम्पर्क में आती है तो वे एक–दूसरे पर बल आरोपित करती हैं जिसे सम्पर्क बल कहते हैं।

(a) अभिलम्ब प्रतिक्रिया बल (N या R) [Normal reaction (N or R)] : यह सतह के लम्बवत् सम्पर्क बल का घटक है। ये घटक इस बात का मापन करता है कि सम्पर्क की सतहें कितनी दृढ़ता से एक–दूसरे पर बल लगाती है।

(b) घर्षण बल (f) [Frictional force (f)] : यह सतह के समान्तर सम्पर्क बल का घटक है। यह दोनों सम्पर्क सतहों की आपेक्षिक गति का विरोध करता है।

(c) तनाव (Tension) : किसी तनी हुई डोरी, रस्सी या चैन के सिरे द्वारा आरोपित बल तनाव कहलाता है। तनाव की दिशा की प्रकृति सदा खिंचाव की होती है।

(d) स्प्रिंग बल (Spring force) : प्रत्येक स्प्रिंग इसकी लम्बाई में किसी भी परिवर्तन के प्रयास का प्रतिरोध करती है, जितना इसकी लम्बाई में परिवर्तन करेंगें यह उतना ही प्रतिरोध करेगी। एक स्प्रिंग द्वारा आरोपित बल $F = -kx$, द्वारा दिया जाता है। जहाँ x, लम्बाई में परिवर्तन है तथा k स्प्रिंग नियतांक (stiffness constant) है (मात्रक N/m) ।

2. असम्पर्कित बल (Non contact forces) :

इन बलों में दो बिन्दुओं के मध्य कोई भौतिक सम्पर्क नहीं होता है तथा ये क्षेत्रीय बल भी कहलाते हैं। जैसे :– गुरूत्वीय बल, विद्युत बल।

नोट : भार : किसी वस्तु का भार वह बल है जिससे पृथ्वी इसे आकर्षित करती है। इसे गुरुत्व बल या गुरुत्वाकर्षण बल के रुप में भी परिभाषित किया जाता है।

(2) विमा (Dimension) :

बल = द्रव्यमान × त्वरण

$[F] = [M][LT^{-2}] = [MLT^{-2}]$

(3) मात्रक (Units) :

परम मात्रक : (i) न्यूटन (S.I.) (ii) डाइन (C.G.S)

गुरुत्वीय मात्रक : (i) किलोग्राम-बल (M.K.S.) (ii) ग्राम-बल(C.G.S)

न्यूटन (Newton) :

एक न्यूटन वह बल है जो 1 किलोग्राम द्रव्यमान की किसी वस्तु में $1 m/s^2$ का त्वरण उत्पन्न करता है।

न्यूटन $\therefore$ 1 न्यूटन = 1 kg m/s^2

डाइन (Dyne) :

एक डाइन वह बल है, जो 1 ग्राम द्रव्यमान की किसी वस्तु में $1 cm/s^2$ का त्वरण उत्पन्न करती है।

$\therefore$ 1 Dyne = 1gm cm/sec^2

बल के परम मात्रकों के मध्य सम्बन्ध 1 न्यूटन = 10^5 डाइन

किलोग्राम-बल (Kilogram-force) :

यह वह बल है जो 1 kg द्रव्यमान की वस्तु में $9.8 m/s^2$ का त्वरण उत्पन्न करता है।

$\therefore$ 1 kg-f = 9.81 न्यूटन

ग्राम-बल (Gram-force) :

यह वह बल है जो 1 gm द्रव्यमान की वस्तु में $980 m/s^2$ का त्वरण उत्पन्न करता है।

$\therefore$ 1 gm-f = 980 डाइन

बल के गुरुत्वीय मात्रकों के मध्य सम्बन्ध : $1\ \text{kg-f} = 10^7\ \text{gm-f}$

(4) सूत्र $\vec{F} = m\vec{a}$ केवल तभी मान्य होता है जब बल विराम स्थिति या गति में परिवर्तन कर रहा हो तथा वस्तु का द्रव्यमान नियत व परिमित हो।

(5) यदि बल व त्वरण x, y व z-अक्ष के अनुदिश तीन घटक रखते हो, तो

$\vec{F} = F_x\hat{i} + F_y\hat{j} + F_z\hat{k}$ तथा $\vec{a} = a_x\hat{i} + a_y\hat{j} + a_z\hat{k}$

इससे यह स्पष्ट है कि $F_x = ma_x,\ F_y = ma_y, F_z = ma_z$

(6) एक वस्तु को एक सरल रेखा के अनुदिश एक समान रूप से गति कराने के लिये किसी बल की आवश्यकता नहीं होती।

$\vec{F} = ma \qquad \therefore \vec{F} = 0 \qquad$ (क्योंकि $a = 0$)

(7) 10^{-15} मीटर दूरी के लिये कई प्राकृतिक बलों में से नाभिकीय बल प्रबलतम है जबकि गुरुत्वाकर्षण बल दुर्बलतम है।

(8) दो इलेक्ट्रॉनों के मध्य विद्युत बल तथा गुरुत्वाकर्षण बल का अनुपात $F_e / F_g = 10^{43}$

$\therefore F_e >> F_g$

(9) **नियत बल (Constant force) :** यदि एक बल की दिशा व परिमाण नियत है। इसे नियत बल कहते है।

जड़त्व (INERTIA) :

(1) सभी वस्तुओं का वह अन्तर्निहित गुण जिसके कारण वे अपनी विराम स्थिति या सरल रेखा में एक समान गति परिवर्तन का विरोध करती है; जड़त्व कहलाता है।

(2) जड़त्व एक भौतिक राशि नहीं है, यह केवल वस्तु का वह गुण है जो वस्तु के द्रव्यमान पर निर्भर करता है।

(3) जड़त्व की कोई विमा व मात्रक नहीं होते है।

(4) बराबर द्रव्यमान की दो वस्तुओं में जिसमें एक गति में व दूसरी विराम पर है, समान जड़त्व होता है क्योंकि यह केवल द्रव्यमान का कारक है तथा वेग पर निर्भर नहीं करता है।

निर्देश तन्त्र (Frame of Reference) :

(1) वह तन्त्र या फ्रेम जिसमे प्रेक्षक स्थित है तथा प्रेक्षित करता है, उसका निर्देश तन्त्र (Frame of reference) कहलाता है।

(2) निर्देश तन्त्र अन्तरिक्ष में होने वाली घटनाओं के स्थिति व समय का मापन करने के लिये निर्देशांक पद्धति व घड़ी से सम्बन्धित होता है। हम वस्तु की सभी भौतिक राशियों जैसे–स्थिति, वेग, त्वरण इत्यादि को इस निर्देशांक पद्धति में बता सकते है।

(3) निर्देश तन्त्र दो प्रकार के होते है : (i) जड़त्वीय निर्देश तन्त्र (ii) अजड़त्वीय निर्देश तन्त्र

(i) जड़त्वीय निर्देश तन्त्र (Inertial frame of reference) :

(a) वह निर्देश तन्त्र जो विराम पर है या जो एक समान वेग से एक सरल रेखा में गतिमान है, जड़त्वीय निर्देश तन्त्र कहलाता है।

(b) जड़त्वीय निर्देश तन्त्र में नयूटन के गति के नियम लागू होते है।

(c) जड़त्वीय निर्देश तन्त्र ; अत्वरित निर्देश तन्त्र (Inertial frame of reference) या न्यूटन (Newtonian) या गैलीलियो (Galilean) निर्देश तन्त्र भी कहलाता है।

(d) आदर्श रूप से ब्रह्माण्ड में कोई भी जड़त्वीय तन्त्र विद्यमान नहीं है। प्रायोगिक उद्देश्यों के लिये निर्देश तन्त्र को जड़त्वीय माना जा सकता है। यदि इसका त्वरण प्रेक्षित की जाने वाली वस्तु के सापेक्ष नगण्य है।

(e) नीचे गिरते हुए सेब का त्वरण मापने के लिये, पृथ्वी को जड़त्वीय तन्त्र माना जा सकता है।

(f) ग्रहों की गति प्रेक्षित करने के लिये, पृथ्वी को जड़त्वीय तन्त्र नहीं माना जा सकता लेकिन इसी उद्देश्य के लिये सूर्य को जड़त्वीय तन्त्र माना जा सकता है।

Illustration :

विराम पर स्थित लिफ्ट, नियत वेग से गतिमान (ऊपर या नीचे) लिफ्ट, सीधी सड़क पर नियत वेग से गतिमान कार

(ii) अजड़त्वीय निर्देश तन्त्र (Non inertial frame of reference) :

(a) त्वरित निर्देश तन्त्र को अजड़त्वीय निर्देश तन्त्र कहते है;

(b) न्यूटन के गति के नियम अजड़त्वीय निर्देश तन्त्र में लागू नहीं होते है।

Illustration :

एक समान वृत्तीय गति से गतिशील कार, किसी त्वरण से ऊपर या नीचे की ओर गति कर रही लिफ्ट, उठने वाला तल

न्यूटन का प्रथम नियम (NEWTON'S FIRST LAW) :

एक वस्तु अपनी विराम स्थिति या सरल रेखा में एक समान गति की अवस्था में बनी रहती है, जब तक कि अवस्था परिवर्तन के लिये उस पर कुछ बाह्य बल नहीं लगाया जाता।

(1) यदि वस्तु पर कोई नेट बल कार्य नहीं करता है, तो वस्तु का वेग परिवर्तित नहीं हो सकता अर्थात् वस्तु त्वरित नहीं हो सकता।

(2) न्यूटन का प्रथम नियम जड़त्व को परिभाषित करता है तथा इसे सीधे तौर पर जड़त्व का नियम कहा जाता है। जड़त्व तीन प्रकार के होते है :

विराम का जड़त्व, गति का जड़त्व, दिशा का जड़त्व

(3) विराम का जड़त्व (Inertia of rest) : यह वस्तु का अपने-आप अपनी विराम स्थिति में परिवर्तन नहीं कर पाने की अक्षमता है। इसका अर्थ है कि विराम पर स्थित वस्तु विराम पर बनी रहती है तथा अपने-आप गति प्रारम्भ नहीं कर सकती।

Illustration :

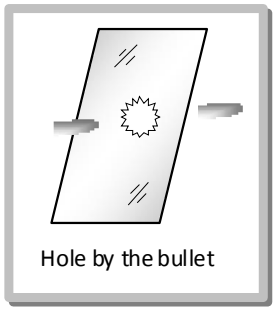
(i) एक व्यक्ति जो बस में स्वतन्त्र रूप से खड़ा है, बस के अचानक चल देने पर पीछे की ओर झुक जाता है। जब बस अचानक चल पड़ती है, तो शरीर को गति में लाने वाला बल शरीर (व्यक्ति) के निचले भाग को भी स्थानान्तरित हो जाता है, इसलिये शरीर का भाग बस के साथ गति की अवस्था में आ जाता है। जबकि शरीर का ऊपरी अर्ध भाग (जैसे कि ऊपर से ऊपर) विराम के जड़त्व को पार करने के लिये कोई बल प्राप्त नहीं करता है तथा इसलिये यह अपनी मूल स्थिति में ही रहता है। इस तरह से व्यक्ति (शरीर) के दोनों भागों के मध्य एक आपेक्षिक विस्थापन होता है तथा ऐसा लगता है जैसे कि व्यक्ति के ऊपरी भाग को पीछे की ओर धक्का दिया गया हो।

***Note :** "यदि बस की गति धीमी है, तो गति का जड़त्व व्यक्ति के शरीर को एक समान रूप से स्थानान्तरित हो जायेगा तथा इसलिये व्यक्ति का सम्पूर्ण शरीर बस के साथ गति में आ जायेगा तथा व्यक्ति कोई झटका अनुभव नहीं करेगा।*

(ii) जब एक घोड़ा अचानक चल पड़ता है, तो घुड़सवार ऊपर बताये अनुसार शरीर के ऊपरी भाग के विराम के जड़त्व के कारण पीछे की ओर गिर पड़ता है।

(iii) एक खिड़की के काँच पर चलाई गई गोली इसमें एक स्पष्ट छेद कर देती है जबकि उस पर एक पत्थर मारने पर पूरा काँच टूट जाता है क्योंकि गोली की चाल पत्थर की अपेक्षा कहीं अधिक होती है। इसलिये इसका काँच के साथ सम्पर्क समय अल्प होता है। इसलिये गोली की स्थिति में, गति उस थोड़े समय में काँच के केवल छोटे भाग को ही स्थानान्तरित होती है। अतः खिड़की के काँच में एक सुस्पष्ट छिद्र हो जाता है, जबकि गेंद की स्थिति में, सम्पर्क का समय व क्षैत्रफल बड़े होते है। इतने समय में गति सम्पूर्ण खिड़की को स्थानान्तरित हो जाती है, इस प्रकार सम्पूर्ण खिड़की में दरारें बन जाती है।

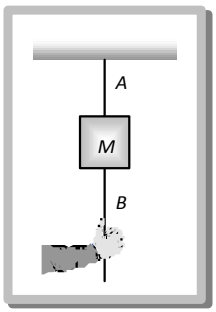
Cracks by the ball


Hole by the bullet

(iv) चित्र में दर्शाई गई व्यवस्था में :

(a) यदि डोरी B को अचानक झटके से खींचा जाये तो यह तनाव का अनुभव करेगी जबकि द्रव्यमान M के विराम के जड़त्व के कारण यह बल डोरी A को स्थानान्तरित नहीं होगा तथा इसलिये डोरी B टूट जायेगी।

(b) यदि डोरी B को शीघ्रता से खींचा जाता है तो इस पर लगाया गया बल द्रव्यमान M से होकर डोरी B से A को स्थानान्तरित हो जायेगा तथा जब A में तनाव B के तनाव से Mg (M द्रव्यमान का भार) अधिक होगा, डोरी A टूट जायेगी



(v) यदि हम एक गिलास को ढ़कने वाले एक चिकने कार्ड-बोर्ड के टुकड़े पर एक सिक्का रखें तथा कार्ड-बोर्ड के टुकड़े को अँगुली से अचानक धक्का दें, तो कार्ड-बोर्ड फिसलकर दूर गिर जाता है तथा सिक्का विराम के जड़त्व के कारण गिलास में गिर जाता है।

(vi) एक दरी को एक छड़ से प्रहार करने पर इसमें से धूल कण गिर जाते है। ऐसा इसलिये होता है क्योंकि प्रहार करने पर दरी गति में आ जाती है जबकि धूल कण विराम पर ही रहना चाहते है और इसलिये वे अलग हो जाते है।

(4) गति का जड़त्व (Inertia of motion) : यह वस्तु का वह गुण है जिसमें वह अपनी एक समान गति की अवस्था को परिवर्तित करने में असमर्थ होती है अर्थात् एक समान गति की अवस्था में वस्तु न तो स्वयं त्वरित हो सकती है और न ही स्वयं मंदित।

Illustration :

(i) जब बस या ट्रेन अचानक रूकती है, तो अन्दर बैठे हुये यात्री आगे की ओर झुक जाते है। ऐसा इसलिये है क्योंकि उसके शरीर का निचला भाग बस या ट्रेन के साथ विराम पर आ जाता है लेकिन ऊपरी भाग गति के जड़त्व के कारण गति में बने रहना चाहता है,

(ii) एक गतिशील ट्रेन से बाहर की ओर कूदते हुये एक व्यक्ति आगे की ओर गिर सकता है।

(iii) एक धावक लम्बी कूद लेने से पहले एक निश्चित दूरी तक दौड़ता है। ऐसा इसलिये है क्योंकि दोड़कर प्राप्त किया गया वेग कूदने के समय धावक के वेग को बढ़ा देता है। अतः वह लम्बी दूरी तक कूद सकता है।

(5) दिशा का जड़त्व (Inertia of direction) : यह वस्तु का वह गुण है जिसमें वस्तु स्वयं अपनी गति की दिशा परिवर्तित करने में असमर्थ होती है।

Illustration :

(i) जब एक डोरी के एक सिरे पर बँधे एक पत्थर को घुमाया जाता है तो डोरी अचानक टूट जाती है, और पत्थर वृत्त की स्पर्श रेखा की दिशा में उड़ जाता है। क्योंकि डोरी में खिंचाव से पत्थर को वृत्त में गति करने के लिये बल मिल रहा था। जैसे ही डोरी टूटती है, खिंचाव खत्म हो जाता है। पत्थर सरल रेखा के अनुदिश गति होने के कारण स्पर्श रेखा की दिशा में उड़ जाता है।

(ii) किसी भी वाहन का घूर्णन करता हुआ पहिया मिट्टी फेंकता है, जिसका कारण है दिशीय जड़त्व के कारण स्पर्श रेखा में गति।

(iii) जब एक कार एक वक्र पर घूमती है तो अचानक अन्दर बैठा व्यक्ति बाहर की ओर खिसका दिया जाता है।

Illustration :

जब बस अचानक मोड़ लेती है, तो यात्री किसके कारण बाहर की ओर खिसका दिये जाते है

(1) गति का जड़त्व (2) गति का त्वरण (3) गति की चाल (4) (2) व (3) दोनों

Sol. (3)

Illustration :

नियत वेग से गतिमान खुली कार में बैठा हुआ एक व्यक्ति वायु में ऊर्ध्वाधर ऊपर की ओर एक गेंद फेंकता है। गेंद कहाँ गिरेगी?

(1) कार के बाहर (2) कार में व्यक्ति के आगे

(3) कार में व्यक्ति के एक ओर (4) ठीक उस हाथ में जिससे इसे ऊपर फेंका गया था

Sol. (4) क्योंकि वेग का क्षैतिज घटक कार व गेंद दोनों के लिये समान है अतः वे दिये गये समयान्तराल में बराबर क्षैतिज दूरियाँ तय करते है।

न्यूटन का द्वितीय नियम (NEWTON'S SECOND LAW) :

न्यूटन का प्रथम नियम यह स्पष्ट करता है कि क्या होता है, जब वस्तु पर कोई बल कार्य नहीं करता है। यह या तो विराम पर रहती है या नियत चाल से सरल रेखा में गति करती है। न्यूटन का द्वितीय नियम इस प्रश्न का उत्तर देता है कि क्या होता है जब वस्तु पर अशून्य परिणामी बल कार्यरत हों।

$$\vec{F}_{net} = \overrightarrow{ma} \qquad \ldots(1)$$

जड़त्वीय निर्देश तन्त्र से देखने पर एक वस्तु का त्वरण इस पर कार्यरत् कुल बल के समानुपाती एवं इसके द्रव्यमान के व्युत्क्रमानुपाती होता है।

इसी प्रकार, हम उपयुक्त इकाईयों के चयन द्वारा न्यूटन के द्वितीय नियम के निम्न गणितीय कथन से द्रव्यमान, त्वरण एवं बल में संबंध स्थापित कर सकते है अतः समानुपाती नियतांक 1 होता है :

$$\Sigma \mathbf{F} = m\mathbf{a} \qquad \ldots(2)$$

हमने बताया है कि त्वरण एक वस्तु पर कार्यरत् कुल बल ΣF के कारण होता है। एक वस्तु पर कुल बल वस्तु पर कार्यरत् सभी बलों का सदिश योग होता है। न्यूटन के द्वितीय नियम के उपयोग से प्रश्न को हल करने में, एक वस्तु पर सही कुल बल ज्ञात करना महत्वपूर्ण होता है।

क्या होता है जब वस्तु पर एक साथ कई बल कार्य करते है?

इस स्थिति में, वस्तु केवल तभी त्वरित होती है। यदि उस पर कार्यरत नेट बल शून्य नहीं है।

$$\vec{F}_{net} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \vec{F}_3 + \ldots\ldots: \text{सभी बलों का सदिश योग}$$

एक वस्तु पर कई बल कार्यरत हो सकते है, लेकिन त्वरण केवल एक होता है।

ध्यान दे कि समीकरण 2 एक सदिश सूत्र है तथा इसलिये यह तीनो घटक समीकरणों के तुल्य है।

$$\Sigma F_x = ma_x \qquad \Sigma F_y = ma_y \qquad \Sigma F_z = ma_z$$

जब नेट बल शून्य होता है, तो वस्तु साम्यावस्था में कही जाती है। यदि नेट बल शून्य है, तो त्वरण भी शून्य होगा। इसलिये वेग भी नियत होगा। अतः जब वस्तु का वेग नियत होता है (जब वस्तु विराम पर भी होती है, तो भी), वस्तु साम्यावस्था में कहलाती है।

❖ ***बल, गति में परिवर्तन का कारण है।***

बल, गति उत्पन्न नहीं करता। हम न्यूटन के प्रथम नियम में बताये अनुसार बल की अनुपस्थिति में गति रख सकते है; बल, त्वरण द्वारा मापा गया गति में परिवर्तन का कारण है।

ma कोई बल नहीं है।

समीकरण 2 यह नहीं कहती है कि गुणनफल ma एक बल है। वस्तु पर लगने वाले सभी बलों को समीकरण के बांयी ओर नेट बल प्राप्त करने के लिये सदिश रूप से जोड़ा जाता है। इस नेट बल को फिर वस्तु के द्रव्यमान व नेट बल से प्राप्त त्वरण के गुणनफल के बराबर किया जाता है।

वस्तु पर लगने वाले बलों के अपने विश्लेषण में "ma बल " को सम्मिलित नहीं करें।

न्यूटन का तृतीय नियम (NEWTON'S THIRD LAW) :

प्रत्येक क्रिया के लिये सदा बराबर (परिमाण में) व विपरीत (दिशा में) प्रतिक्रिया होती है।

(1) जब कोई वस्तु किसी दूसरी वस्तु पर बल लगाती है, तो दूसरी वस्तु भी पहली वस्तु पर बराबर व विपरीत बल लगाती है।

(2) प्रकृति में बल हमेशा युग्म में होते है, एक अकेला विलगित बल सम्भव नहीं है। क्रिया व प्रतिक्रिया युग्म में दोनों बल हमेशा समान प्रकार के होते है ; उदाहरण घर्षण के लिए, गुरूत्वाकर्षण के लिये गुरूत्वाकर्षण इत्यादि।

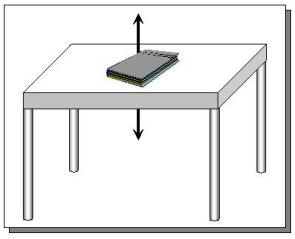
(3) बल लगाने वाला कोई भी कारक भी समान परिमाण का किन्तु दिशा में विपरीत बल अनुभव करता है। कारक द्वारा आरोपित बल 'क्रिया (Action)' कहलाता है तथा इसके द्वारा अनुभव किया गया प्रतिबल ' प्रतिक्रिया (Reaction)' कहलाता है।

(4) क्रिया व प्रतिक्रिया कभी भी वस्तु पर कार्य नहीं करते है। यदि ऐसा होता तो वस्तु पर कार्यरत कुल बल हमेशा शून्य होता अर्थात् वस्तु सदा साम्यावस्था में रहती।

(5) यदि वस्तु B द्वारा वस्तु A पर लगाया गया बल (क्रिया) = वस्तु A द्वारा वस्तु B पर लगाया गया बल (प्रतिक्रिया) तब न्यूटन के गति के तृतीय नियम के अनुसार

(6) उदाहरण : (i) मेज पर रखी हुई एक पुस्तक मेज पर एक बल लगाती है जो पुस्तक के भार के बराबर होता है। यह क्रिया बल है। मेज पुस्तक पर समान बल लगाकर पुस्तक को आधार प्रदान करती है।

यह प्रतिक्रिया बल है।



जब निकाय विराम पर होता है, तो इस पर नेट बल शून्य होता है। इसलिये क्रिया व प्रतिक्रिया बल बराबर व विपरीत होंगे।

(ii) तैराकी, गति के तृतीय नियम की वजह से सम्भव हो पाती है।

(iii) जब एक बन्दूक को चलाया जाता है, तो गोली आगे की ओर (क्रिया) गति करती है। बन्दूक पीछे की ओर (प्रतिक्रिया) प्रतिक्षिप्त होती है।

(iv) रबर की गेंद का वापस उछलना गति के तृतीय नियम के कारण होता है।

(v) जब चलने वाला व्यक्ति अपने पैरों द्वारा (क्रिया) धरातल को पीछे की दिशा में धकेलता है, तो धरातल व्यक्ति को समान बल से आगे की दिशा में (प्रतिक्रिया) धकेलता है। क्षैतिज दिशा में प्रतिक्रिया का घटक व्यक्ति को आगे की ओर गति प्रदान करता है।

(vi) रेत या बर्फ पर चलना कठिन होता है।

(vii) लकड़ी के ब्लॉक में कील ठोकना लकड़ी के ब्लॉक को पकड़े बिना कठिन होता है।

Illustration :

न्यूटन के गति के तृतीय नियम से सम्बन्धित क्रिया व प्रतिक्रिया बल :

(A) एक ही वस्तु पर कार्य करते है

(B) भिन्न वस्तुओं पर कार्य करते है

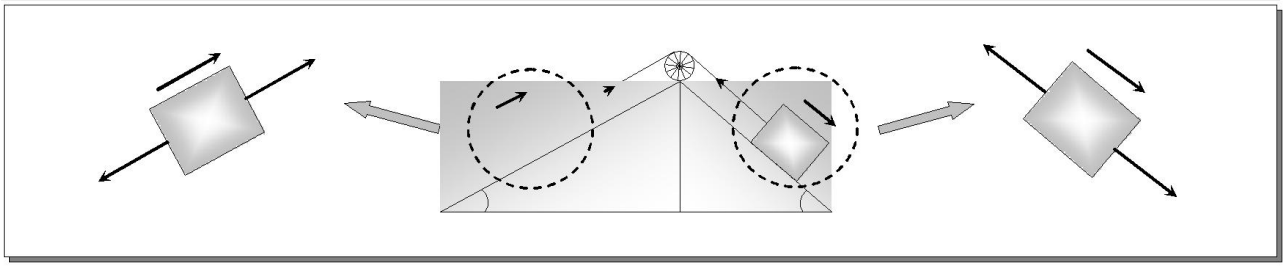
(C) आवश्यक नहीं कि परिमाण में बराबर हों किन्तु समान क्रिया रेखा अवश्य रखेंगे

(D) परिमाण में अवश्य बराबर होंगे किन्तु समान किया रेखा रखना आवश्यक नहीं है।

मुक्त पिण्ड आरेख (Free Body Diagram) :

इस चित्र में, अध्ययन की जाने वाली वस्तु को इसके परिवेश से विलगित रखा जाता है तथा वस्तु पर कार्यरत बल दर्शाये गये है।

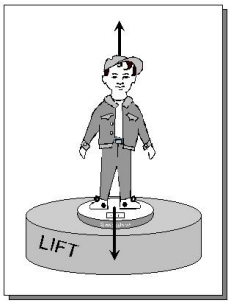
Illustration :

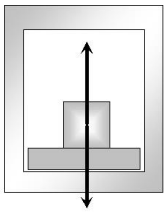
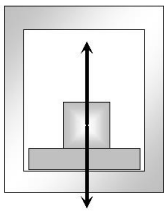
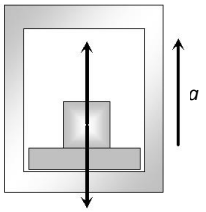
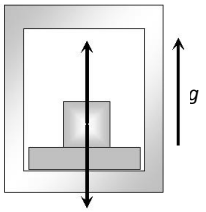
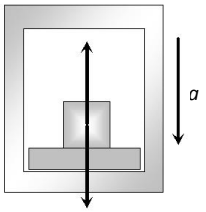
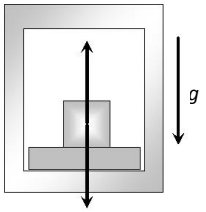
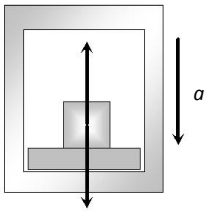


लिफ्ट में वस्तु का आभासी भार (Apparent Weight of a Body in a Lift)

जब m द्रव्यमान की एक वस्तु को एक भारोत्तोलक मशीन पर रखा जाता है जो कि लिफ्ट में रखी है, तो वस्तु का वास्तविक भार mg होता है।

यह उस भारोत्तोलक मशीन पर कार्य करता है जो मशीन के पाठ्यांक द्वारा बतायी गई प्रतिक्रिया R प्रदान करता है। वस्तु पर सम्पर्क सतह द्वारा लगायी गई यह प्रतिक्रिया (प्रतिक्रिया बल) वस्तु का आभासी भार होता है।



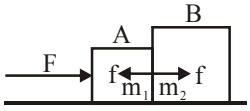
स्थिति	चित्र	वेग	त्वरण	प्रतिक्रिया	निष्कर्ष
लिफ्ट विराम पर है		$v = 0$	$a = 0$	$R - mg = 0$ $\therefore R = mg$	आभासी भार = वास्तविक भार
लिफ्ट नियत वेग से ऊपर या नीचे गतिमान है		$v =$ नियत	$a = 0$	$R - mg = 0$ $\therefore R = mg$	आभासी भार = वास्तविक भार
लिफ्ट 'a' की दर से ऊपर की ओर त्वरित है		$v =$ परिवर्ती	$a < g$	$R - mg = ma$ $\therefore R = m(g + a)$	आभासी भार > वास्तविक भार
लिफ्ट 'g' की दर से ऊपर की ओर त्वरित है		$v =$ परिवर्ती	$a = g$	$R - mg = mg$ $R = 2mg$	आभासी भार = 2 वास्तविक भार
लिफ्ट 'a' की दर से नीचे की ओर त्वरित है		$v =$ परिवर्ती	$a < g$	$mg - R = ma$ $\therefore R = m(g - a)$	आभासी भार < वास्तविक भार
लिफ्ट 'g' की दर से नीचे की ओर त्वरित है		$v =$ परिवर्ती	$a = g$	$mg - R = mg$ $R = 0$	आभासी भार = शून्य (भारहीनता)
लिफ्ट a(>g) की दर से नीचे की ओर त्वरित है		$v =$ परिवर्ती	$a > g$	$mg - R = ma$ $R = mg - ma$ $R = -ve$	ऋणात्मक आभासी भार का कोई अर्थ नहीं है, इसलिये यह शून्य होगा, यदि ऋणात्मक होगा तो वस्तु लिफ्ट के फर्श से ऊपर उठकर छत से चिपक जायेगी

सम्पर्क में रखी वस्तुओं की गति (MOTION OF BODIES IN CONTACT) :

स्थिति-I :

द्विवस्तु निकाय (Two body system) :

मानाकि बल F द्रव्यमान m_1 पर आरोपित है।



मुक्त पिण्ड आरेख (Free body diagrams) :

(ऊर्ध्व बल से कोई गति उत्पन्न नहीं होती, अतः चित्र में नहीं दर्शाया गया है।)

A के लिये	B के लिये
F → m_1 ← f	f → m_2
$F - f = m_1a$	$F = m_2a$

$$\Rightarrow \qquad a = \frac{F}{m_1 + m_2} \qquad \text{तथा} \qquad f = \frac{m_2F}{m_1 + m_2}$$

(i) यहाँ f को सम्पर्क बल कहा जाता है।

(ii) निकाय का त्वरण निम्न सूत्र से ज्ञात किया जा सकता है

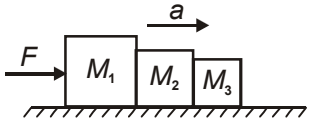
$$a = \frac{\text{बल}}{\text{कुल द्रव्यमान}}$$

नोट : यदि बल F, m_2 पर आरोपित है, त्वरण समान रहेगा, लेकिन सम्पर्क बल भिन्न होगा अर्थात्

$$f' = \frac{m_1F}{m_1 + m_2}$$

स्थिति-II :

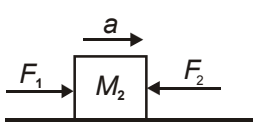
दर्शाये गये ब्लॉकों को बल F से धकेला जा रहा है। F_1, F_2 क्रमशः M_1 व M_2 तथा M_2 व M_3 के मध्य सम्पर्क बल है।



$$a = \frac{F}{M_1 + M_2 + M_3}$$

M_3 का FBD $\quad F_2 = M_3a$

$$F_1 - F_2 = M_2a \quad \Rightarrow \quad F_1 = (M_3 + M_2)a$$



M_2 का FBD

or $\qquad F_2 = \frac{M_3}{M_1 + M_2 + M_3}F, \qquad F_1 = \left(\frac{M_2 + M_3}{M_1 + M_2 + M_3}\right)F$

घिरनी (Pulley) :

आदर्श घिरनी को भारहीन व घर्षणहीन माना जाता है
आदर्श डोरी द्रव्यमानहीन व अविस्तारीय है।
घिरनी डोरी में बल की दिशा को परिवर्तित कर सकती है लेकिन तनाव को नहीं।
घिरनी के कार्य को निम्न उदाहरण द्वारा समझाया गया है।

घिरनी का एकमात्र कार्य (जो घूर्णन को मंदित करने के लिये इसकी धुरी पर कोई घर्षण नहीं रखती) डोरी की दिशा को परिवर्तित करना है जो दो ब्लॉक को जोड़ती है।

प्रतिबन्धित समीकरणें (Constraint Equations) :

कुछ निश्चित तन्त्रों में गति प्रतिबन्धित होती है। प्रतिबन्ध का अर्थ है : पाबन्दी (restriction), आरोपण (impose), सीमा (limit)। प्रायः हमारा सामना ऐसी स्थितियों से होता है जहाँ एक या अधिक वस्तुयें घिरनी से गुजरती डोरी के माध्यम से जुड़ी होती है। इस प्रकार इनकी गति आपस में सम्बन्धित होती है। गति का तात्पर्य-वेग आपस में सम्बन्धित होते है। हम यहाँ वेगों के मध्य इस सम्बन्ध को ज्ञात करने के लिये दो विधियाँ बता रहे हैं। ध्यान दे कि प्रतिबन्धित समीकरणें द्रव्यमान से स्वतन्त्र होती है।

a) दृश्य जाँच द्वारा प्रतिबन्धित समीकरण

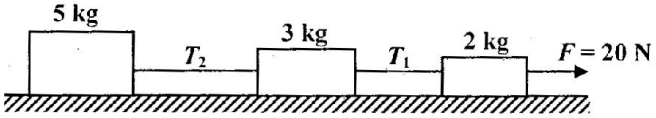
b) शक्ति विधि द्वारा प्रतिबन्धित समीकरण

Illustration :

चित्र में दर्शाये गये द्रव्यमानों का त्वरण ज्ञात कीजिये। द्रव्यमानों के मध्य कार्यरत बल भी ज्ञात कीजिये। द्रव्यमानों के पलट देने पर परिणाम क्या होगा?

Illustration :

चित्र में दर्शाई गई व्यवस्था के लिये ज्ञात कीजिये : (a) प्रत्येक ब्लॉक का त्वरण (b) प्रत्येक डोरी में तनाव

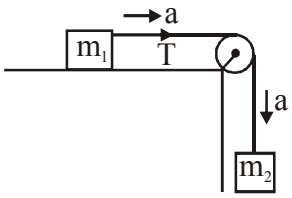


Ans: 2 m/s²; T_1 = 16N; T_2 = 10 N

Illustration :

द्रव्यमान m_1 के लिए : $T = m_1 a$

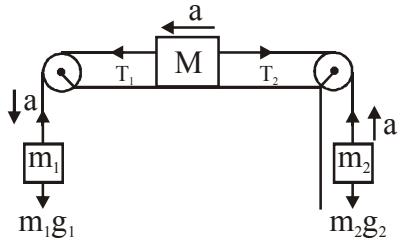
द्रव्यमान m_2 के लिए : $m_2g - T = m_2a$



त्वरण $a = \dfrac{m_2 g}{(m_1 + m_2)} \Rightarrow T = \dfrac{m_1 m_2}{(m_1 + m_2)}$

घिरनी पर प्रणोद $P = \sqrt{2}T$

Illustration :



$(m_1 > m_2)$

$m_1g - T_1 = m_1a$

$T_2 - m_2g = m_2a$

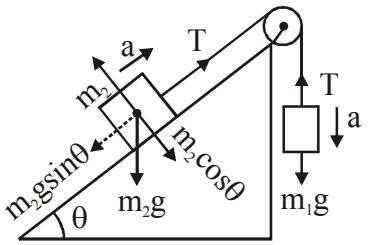
$T_1 - T_2 = Ma$

by (i), (ii) and (iii)

$$a = \frac{(m_1 - m_2)}{(m_1 + m_2 + M)} g$$

Illustration :

एक आनत तल पर एक घिरनी से निलम्बित द्रव्यमान दूसरे द्रव्यमान से संयोजित है।

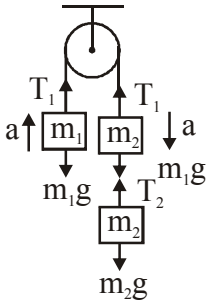


द्रव्यमान m_1 के लिए : $m_1g - T = m_1a$
द्रव्यमान m_2 के लिए : $T - m_2g\sin\theta = m_2a$

त्वरण $a = \dfrac{(m_1 - m_2\sin\theta)}{(m_1 + m_2)}g$

$$T = \frac{m_1m_2(1+\sin\theta)}{(m_1+m_2)}$$

Illustration :



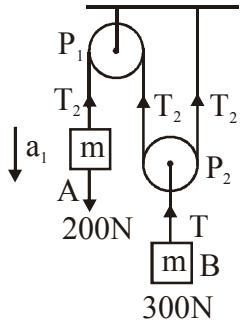
m_1 द्रव्यमान के लिए : $T_1 - m_1g = m_1a$
m_2 द्रव्यमान के लिए : $m_2g + T_2 - T_1 = m_2a$
m_3 द्रव्यमान के लिए : $m_3g - T_2 = m_3a$

$$a = \frac{(m_2 + m_3 - m_1)}{(m_1 + m_2 + m_3)}g$$

उपरोक्त प्रश्नों से हम तनाव T_1 व T_2 की गणना कर सकते है।

Illustration :

निम्न चित्र में एक घिरनी निकाय दर्शाया गया है, घिरनी P_1 दृढ़ आधार से फिक्स है तथा घिरनी P_2 मुक्त रूप से ऊपर या नीचे की ओर गति करने में सक्षम है। घिरनीयाँ एवं डोरियाँ आदर्श है। दो द्रव्यमानों A व B के भार क्रमशः 200 N व 300 N है। तनाव T_1 व T_2 तथा A व B के त्वरण भी ज्ञात कीजिए। ($g = 10\ m/s^2$)



Sol. $m_A = \dfrac{200N}{g} = \dfrac{200}{10} = 20kg$ *तथा* $m_B = \dfrac{300N}{g} = 30kg$

चूंकि डोरी आदर्श है तथा डोरी के अनुदिश तनाव समान रहता है।
घिरनी P_2 पर कार्यरत् बल ऊपर की ओर $2T_2$ एवं नीचे की ओर T_1 है।

$$T_1 = 2T_2$$

B को ऊपर ले जाने में लगाया गया बल $2T_2$ है जबकि A पर ऊपर की ओर एक खींचाव बल केवल T_2 है।
इसलिए द्रव्यमान B ऊपर उठता है जबकि A नीचे की ओर गति करता है।
मानाकि A का त्वरण = a_1 नीचे की ओर तथा
B का त्वरण = a_2 ऊपर की ओर

जबकि A के नीचे की ओर x के लिए, B केवल $\dfrac{x}{2}$ *विस्थापन करता है।*

अतः $a_1 = 2a_2$
A के लिए गति की समीकरण $200 - T_2 = 20\ a_1$ ...(i)

B के लिए गति की समीकरण $T_1 - 300 = 30\ a_2 \Rightarrow 2T_2 - 300 = 30 \times \dfrac{a_1}{2}$

$$\Rightarrow 2T_2 - 300 = 15\ a_1 \quad ...(ii)$$

(i) व (ii) को हल करने पर $a_1 = \dfrac{100}{55} = 1.8018 m/s^2$ $\therefore\ a_2 = \dfrac{a_1}{2} = 0.9090 m/s^2$

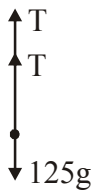
तथा $T_1 = 30\ a_2 + 300 = 27.27 + 300 = 327.27$ और $T_2 = \dfrac{T_1}{2} = 163.64N$

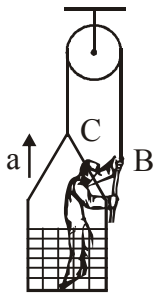
Illustration :

25 kg के एक बॉक्स C में खड़े 100 kg द्रव्यमान का एक पेन्टर a त्वरण से बॉक्स के साथ स्वयं को ऊपर की ओर खींचता है। यदि पेन्टर बॉक्स के फर्श पर 450 N प्रभावी बल आरोपित करता है, तो गणना कीजिए : (a) पेन्टर का त्वरण एवं (b) डोरी में तनाव ($g = 10\ m/s^2$)

Sol. *डोरी में तनाव T = पेन्टर द्वारा आरोपित खींचाव बल*

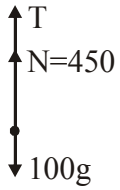
सम्पूर्ण निकाय की गति के लिए





$2T - 125\ g - 125a$ ...(i)

एक पेन्टर के लिए



$T + 450 - 100\ g = 100\ a$

(i) एवं (ii) को हल करने पर :

$a = 2 m/s^2$ *तथा* $T = 750\ N$

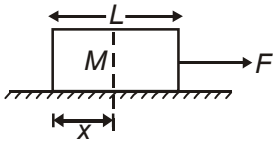
महत्वपूर्ण समस्याऐं (IMPORTANT PROBLEMS) :

Illustration :

(a) M द्रव्यमान का एक ब्लॉक चित्र में दर्शाए अनुसार बल F द्वारा खींचा जाता है। ब्लॉक की लम्बाई 'L' है। बाऐं सिरे से x दूरी पर ब्लॉक में तनाव है।

(b) अब दाऐं सिरे से x दूरी पर ब्लॉक में तनाव की गणना कीजिए।

Ans. *(a)* $T_x = \frac{Mx}{L} \times \frac{F}{M} = \frac{Fx}{L}$



(b) $T_x = \frac{F(L - x)}{L}$

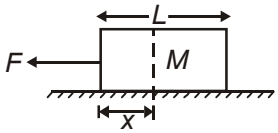
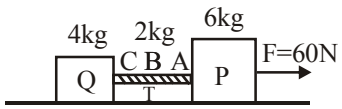


Illustration :

6 kg व 4 kg द्रव्यमान के दो ब्लॉक 2 kg द्रव्यमान की एक रस्सी द्वारा संयोजित है एवं चित्र में दर्शाए अनुसार घर्षणरहित फर्श पर विराम में है। यदि 60 N का नियत बल 6 kg ब्लॉक पर आरोपित किया जाता है, तो A, B तथा C पर रस्सी में तनाव क्रमशः है:

(1) 30 N, 25 N, 20 N
(2) 25 N, 30 N, 20 N
(3) 20 N, 30 N, 25 N
(4) 30 N, 20 N, 25 N



Sol. *निकाय का द्रव्यमान 6 + 4 + 2 = 12 kg है तथा आरोपित बल 60 N है, तो निकाय का त्वरण*

$$a = \frac{F}{m} = \frac{60}{12} = 5\ m/s^2$$

अब 4kg द्रव्यमान के ब्लॉक Q तथा द्रव्यमान 2kg की रस्सी को खींचने में बिन्दु A पर तनाव

$$T_A = (2 + 4) \times 5 = 30N$$

इसी प्रकार B व C के लिए,

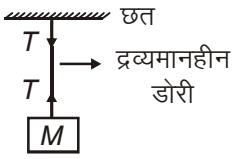
$$T_B = (1 + 4) \times 5 = 25N$$

तथा $T_C = (0 + 4) \times 5 = 20N$

अतः सही उत्तर (A) है।

नोट: इस प्रकार की समस्या में, रस्सी द्रव्यमानहीन नहीं है, तनाव डोरी के भिन्न बिन्दुओं पर भिन्न है, तनाव आरोपित बल के समीपस्थ सिरे पर अधिकतम है तथा दूरस्थ सिरे पर न्यूनतम होता है।

Illustration :



धरातल के सापेक्ष M का मुक्त पिण्ड आरेख

(a) *जब निकाय स्थिर है*

$$T - Mg = 0$$

(b) *निकाय त्वरण 'a' से ऊपर गति करता है*

$$T = M(g + a)$$

(c) *निकाय त्वरण 'a ' से नीचे गति करता है*

$$T = M(g - a')$$

Illustration :

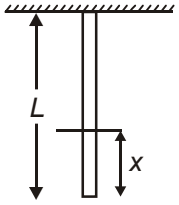
M_s द्रव्यमान की एक एकसमान रस्सी छत से लटक रही है। रस्सी के मुक्त सिरे से x दूरी पर तनाव ज्ञात कीजिये।

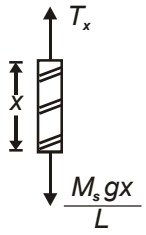
(a) *जब निकाय स्थिर है*

(b) *जब निकाय ऊपर की ओर त्वरित हो रहा है*

(c) *जब निकाय नीचे की ओर त्वरित हो रहा है*

Sol. *M_s द्रव्यमान की समरूप रस्सी* *निचले भाग का FBD*





(a) *स्थिर निकाय* $T_x = \frac{M_s gx}{L}$

(b) *यदि रस्सी ऊपर की ओर त्वरित हो रही है, तो* $T_x = \frac{M_s x}{L}(g + a)$

(c) *यदि रस्सी नीचे की ओर त्वरित हो रही है, तो* $T_x = \frac{M_s x}{L}(g - a)$

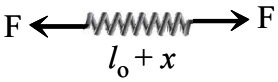
स्प्रिंग बल (Spring force) :

यहाँ हम एक आदर्श स्प्रिंग के बारे में बात करते है, अर्थात् $m_s = 0$.

- इस प्रकार स्प्रिंग के दोनों ओर कार्यरत बल समान होते हैं।
- जब एक धातु के तार को सर्पिलाकार रूप दिया जाता है, तो यह स्प्रिंग बन जाती है।
- इसके सिरों के मध्य की सरल रेखा इसकी लम्बाई कहलाती है।
- जब इसे एक क्षैतिज टेबल पर रखा जाता है, तो स्प्रिंग की लम्बाई इसकी मूल लम्बाई (l_0) कहलाती है।
- स्प्रिंग इसकी लम्बाई में वृद्धि करके प्रसारित या इसकी लम्बाई में कमी करके संकुचित हो सकती है।
- जब स्प्रिंग को प्रसारित किया जाता है, यह पुनः संकुचित होने का प्रयास करती है, तथा जब संकुचित किया जाता है, तो यह पुनः प्रसारित होने का प्रयास करती है।
- यदि विस्तार एवं संकुचन अधिकतम नहीं है, (इसे सीमान्त सीमा में होना कहते है), तो स्प्रिंग द्वारा लगाया गया बल इसके विस्तार या संकुचन के समानुपाती होता है।

$F = kx$. --- हुक का नियम (N/m)

[यह बल स्प्रिंग में तनाव के संदर्भ में होता है]

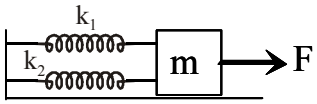


यहाँ, $k \propto \frac{1}{\ell_0}$

मानाकि दो व्यक्ति स्प्रिंगों को इस प्रकार खींच रहे है कि स्प्रिंग एक ओर से x_1 तथा दूसरी ओर से x_2 तक प्रसारित हो। तब, $x_1 + x_2 = x_0$

तुल्य स्प्रिंग नियतांक (Equivalent spring constant) :

समान्तर क्रम में संयोजित : तुल्य $k = k_1 + k_2 + ...$

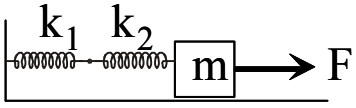


$F = (k_1 + k_2)x$ $\qquad F = k_{eq}x \quad \therefore k_{eq} = k_1 + k_2$

श्रेणीक्रम में संयोजित : $\frac{1}{k} = \frac{1}{k_1} + \frac{1}{k_2} + ...$

$k_1 x_1 = k_2 x_2 = F$ $\qquad x = x_1 + x_2$

$F = k_{eq}x \qquad \therefore \frac{1}{k_{eq}} = \frac{1}{k_1} + \frac{1}{k_2}$



यह बल पदार्थ के परमाणुओं के मध्य विद्युतचुम्बकत्व के कारण पुनः प्राप्त होता है।

Illustration :

K स्प्रिंग नियतांक की एक स्प्रिंग को 1 : 3 अनुपात में काटा जाता है। एकल स्प्रिंगों का स्प्रिंग नियतांक ज्ञात कीजिए।

Sol. *माना मूल स्प्रिंग की लम्बाई l_0 है,*

$\therefore \ell_1 = \frac{\ell_0}{4}$ *तथा* $\ell_2 = \frac{3\ell_0}{4}$ *, दो भाग है*

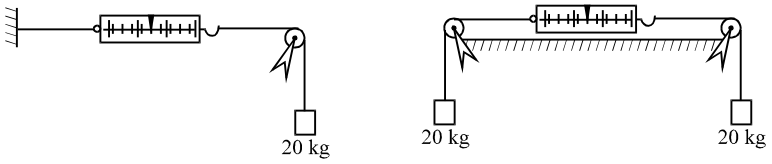
$Kl_0 = K_1 l_1 = K_2 l_2$

$K_1 = \frac{K\ell_0}{\ell_1} = \frac{K\ell_0}{\ell_0/4} = 4K$

$K_2 = \frac{K\ell_0}{\ell_2} = \frac{K\ell_0}{3\ell_2/4} = \frac{4K}{3}$

Illustration :

निम्न चित्र दो भिन्न व्यवस्थाओं में संयोजित एक हल्के स्प्रिंग तुला को दर्शाता है। पैमाना स्प्रिंग में तनाव का मापन करता है।



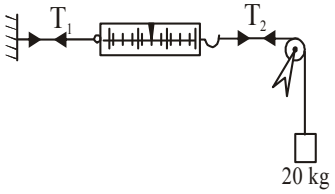
(a) (b)

तुला के पाठयांक का अनुपात (R_a/R_b) _____ *है।*

Sol. *स्प्रिंग तुला में पाठयांक* $= \dfrac{T_1 + T_2}{2}$

T_1 = *बांयी डोरी में तनाव*

T_2 = *दांयी डोरी में तनाव*



स्थिति a में

$T_1 = 20g$ $T_2 = 20g$

$\therefore$ *पाठयांक*$_a = 20\ g$

स्थिति b में

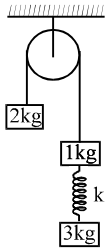
$T_1 = 20\ g$ $T_2 = 20\ g$

पाठयांक$_b = 20g$

$\therefore$ *अनुपात* $\dfrac{R_a}{R_b} = 1$

Illustration :

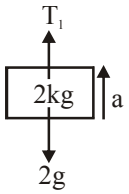
एक दृढ़ घिरनी से, 2 kg, 1 kg व 3 kg द्रव्यमान चित्र में दर्शाए अनुसार लटकाएं जाते है। स्प्रिंग में विस्तार ज्ञात कीजिए यदि k = 100 N/m (स्प्रिंग के कारण दौलन नगण्य है)

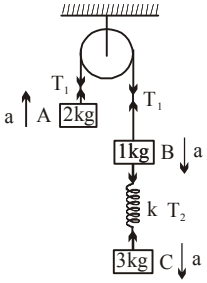


(1) 0.1 m *(2) 0.2 m* *(3) 0.3 m* *(4) 0*

Sol. *मानाकि डोरी में विस्तार x हो,*

A_1 का FBD

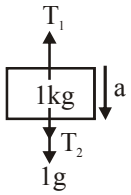




$T_1 - 2g = 2a$ ...(1)

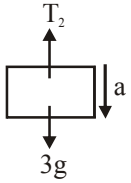
$T_2 = kx$ ...(2)

B_1 का FBD



$1g + T_2 - T_1 = 1.a$ ...(3)

C_1 का FBD



$3g - T_2 = 3a$

समीकरणों को हल करने पर, $x = 0.2\ m$

घर्षण (FRICTION) :

जब वस्तु सतह पर या वायु या जल जैसे किसी श्यान माध्यम में गति में हैं, तो वस्तु की इसके परिवेश से पारस्परिक क्रिया के कारण गति का विरोध होता है, हम इस प्रतिरोध को घर्षण बल कहते हैं, घर्षण बल का हमारे दैनिक जीवन में अत्यधिक महत्व है। इसी के कारण हमारा चलना सम्भव होता है तथा यह पहियों वाले वाहनों की गति के लिये भी अत्यावश्यक है।

घर्षण बल दो प्रकार के होते है :

1. स्थैतिक घर्षण 'f_s' 2. गतिक घर्षण 'f_k'

स्थैतिक घर्षण (Static Friction) :

दो सम्पर्क सतहों के मध्य स्थैतिक घर्षण $f_s \le \mu_s N$ द्वारा दिया जाता है, जहाँ N सम्पर्क सतहों के मध्य अभिलम्बवत् बल है तथा μ_s एक नियतांक है जो सतहों की प्रकृति पर निर्भर करता है तथा "सीमान्त घर्षण गुणांक" कहलाता है।

स्थैतिक घर्षण स्थिर वस्तु पर कार्य करता है। इसके मान स्थिति को सन्तुष्ट करते हैं

$$f_s \le \mu_s N$$

μ_s – सीमान्त घर्षण गुणांक

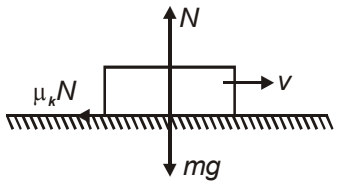
स्थैतिक घर्षण का शिखर मान ($f_{s(max)} = \mu_s N$) होता है जब एक सतह दूसरी सतह पर फिसलने ही वाली हो, इस स्थिति में स्थैतिक घर्षण सीमान्त घर्षण कहलाता है।

गतिक घर्षण (μ_k) [Kinetic Friction (μ_k)] :

यह दो सम्पर्क सतहों पर केवल तब कार्य करता है जब दोनों सम्पर्क सतहों के मध्य आपेक्षिक फिसलन या आपेक्षिक गति हो रही होती है।

$$f_k = \mu_k N$$

सम्पर्क सतह की एक–दूसरे के सापेक्ष आपेक्षिक गति का एक बल के द्वारा विरोध किया जाता है है जो $f_k = \mu_k N$ द्वारा दिया जाता है, जहाँ N सम्पर्क सतहों के मध्य अभिलम्ब बल है तथा μ_k एक नियतांक है जिसे **'गतिक घर्षण गुणांक'** कहते है, जो वृहद रूप में सम्पर्क सतहों की प्रकृति पर निर्भर करता है।



कुछ महत्वपूर्ण बिन्दु (IMPORTANT POINTS) :

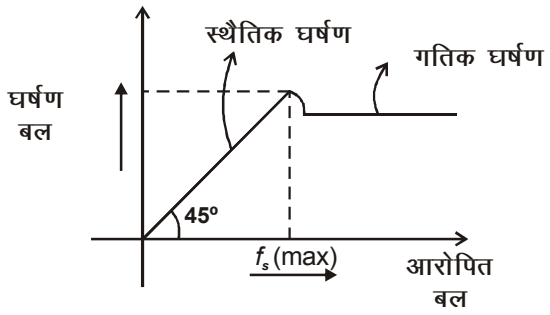
(1) μ_k का मान प्रायोगिक प्रेक्षण से सदैव μ_s ($\mu_k < \mu_s$) से कम होता है।

(2) यदि प्रश्न में केवल घर्षण गुणांक (μ) दिया जाता है तो $\mu_s = \mu_k = \mu$ का प्रयोग कीजिए।

(3) μ_s व μ_k का मान पृष्ठ क्षैत्रफल से स्वतन्त्र होता है तथा यह केवल सम्पर्क सतहों के पृष्ठ गुणधर्मों पर निर्भर करता है।

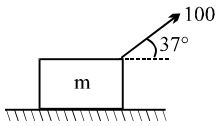
(4) μ_k , आपेक्षिक चाल से स्वतंत्र होता है।

(5) μ_s व μ_k दिए गए पृष्ठयुग्म का गुणधर्म है जैसे : लकड़ी से लकड़ी के संयोजन के लिए μ_1 , लकड़ी से लोहे के संयोजन के लिए μ_2 तथा आगे इसी प्रकार से।

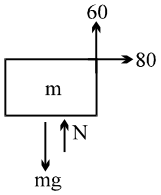


एक वस्तु पर आरोपित बल के साथ घर्षण बल के परिवर्तन का ग्राफीय निरूपण

Illustration :



m = 20 kg, μ_s = 0.5, ब्लॉक पर घर्षण ज्ञात कीजिए।



Sol. $N + 60 - mg = 0$

$N = 140$

$f_{s\ max} = \mu_s N$

$\Rightarrow \quad f_{s\ max} = 70$

झुकाव कोण (ANGLE OF REPOSE) :

एक स्थिति पर विचार कीजिए जिसमें एक ब्लॉक 'μ' घर्षण गुणांक के साथ एक आनत तल पर रखा हुआ है, तो आनत तल के कोण का अधिकतम मान जिस पर ब्लॉक विराम में रह सकता है, झुकाव कोण कहलाता है।

$N - mg\cos\theta = 0$

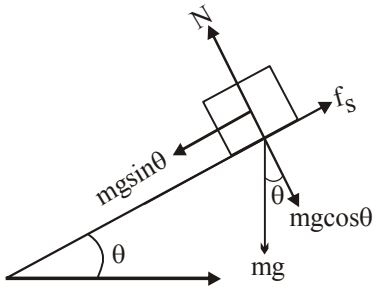
$f_{s\,max} = \mu_s\, mg\cos\theta$

जब फिसलना आरम्भ करता है $f_s = f_{s\,max}$

इसी प्रकार $mg\sin\theta = \mu\, mg\cos\theta$

$\tan\theta = \mu_s$.

'$\tan^{-1}\mu_s$' झुकाव कोण कहलाता है

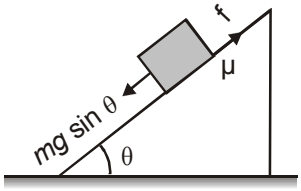


नोट: जब भी 'सम्पर्क सतह' शब्द का उपयोग किया जाता है इसका तात्पर्य है कि घर्षण एवं अभिलम्ब सम्पर्क बल तथा अभिलम्ब के साथ सम्पर्क बल के कोण का सदिश योग घर्षण कोण कहलाता है।

आनत तल पर ब्लॉक (Block on Inclined Plane) :

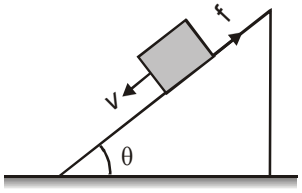
1. यदि $\mu \geq \tan\theta$ है, तो ब्लॉक आनत तल पर स्थिर रहेगा तथा ब्लॉक पर कार्यरत् घर्षण बल $mg\sin\theta$ एवं प्रकृति में स्थैतिक होगा।

$f = mg\sin\theta$



2. यदि एक ब्लॉक नियत वेग से आनत तल पर नीचे फिसलता है, ब्लॉक पर कार्यरत घर्षण बल $mg \sin\theta$ एवं गतिक प्रकृति रखेगा।

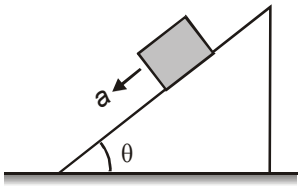
$\Rightarrow \quad f = mg \sin\theta$



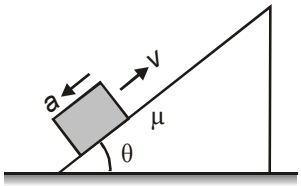
3. यदि $\mu < \tan\theta$ है, तो ब्लॉक त्वरण a से आनत तल से नीचे फिसलेगा

$$a = g \sin\theta - \mu g \cos\theta$$

घर्षण बल प्रकृति में गतिक होता है तथा $f = \mu N = \mu mg \cos\theta$ ($mg \sin\theta$ से कम) द्वारा दिया जाता है।

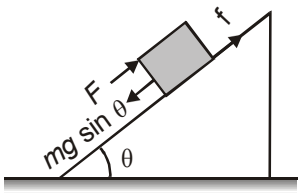


4. यदि एक ब्लॉक आनत तल से ऊपर प्रक्षेपित किया जाता है, तो मंदन a, $a = g \sin\theta + \mu g \cos\theta$ द्वारा दिया जाता है।



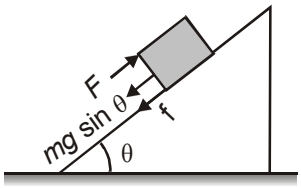
5. यदि $mg \sin\theta$ घर्षण बल से अधिक है, तो ब्लॉक नीचे फिसलने की प्रवृत्ति रखता है। फिसलन को रोकने के लिए आवश्यक न्यूनतम बल है

$$F_{min} = mg \sin\theta - \mu mg \cos\theta$$



6. यदि आप ब्लॉक को ऊपर धकेलने का प्रयास करते है, तो घर्षण बल एवं $mg \sin\theta$ दोनों ब्लॉक के ऊपर की ओर गति का विरोध करते है, इसलिए ऊपर की ओर गति करने के लिए आवश्यक न्यूनतम बल दिया जाता है

$$F_{min} = mg \sin\theta + \mu mg \cos\theta$$



नोट : स्थिति 5-6 में, यदि F का मान, $(mg \sin\theta - \mu mg \cos\theta)$ एवं $(mg \sin\theta + \mu mg \cos\theta)$ के मध्य होता है, तो ब्लॉक आनत तल पर स्थिर रहता है।

Class:XI	Time: 35 Min.	M.M.: 28	DPP. NO.-1

Q.1 A particle comes round a circle of radius 1 m once. The time taken by it is 10 sec. the average velocity of motion is : **[4]**

(1) 0.2 πm/s (2) 2π m/s (3) 2 m/s (4*) Zero

Q.2 A person travels along a straight road for half the distance with velocity v_1 and the remaining half distance with velocity v_2. The average velocity is given by : **[4]**

(1) v_1v_2 (2) $\frac{v_2^2}{v_1^2}$ (3) $\frac{v_1 + v_2}{2}$ (4*) $\frac{2v_1v_2}{v_1 + v_2}$

Q.3 A particle moves along a semicircle of radius 10 m in 5 seconds. The average velocity of the particle is: **[4]**

(1) 2π ms^{-1} (2) 4π ms^{-1} (3) 2 ms^{-1} (4*) 4 ms^{-1}

Q.4 A particle starting from rest with constant acceleration travels a distance x in first 2 s and a distance y in next 2 s, then **[4]**

(1) y = x (2) y = 2x (3*) y = 3x (4) y = 4x

Q.5 A truck driver travels three-fourths of the distance of his run at constant velocity (v) and then travels the remaining distance at velocity of (v/2). What was the trucker's average speed for the trip? **[4]**

(A) 0.85 v (B*) 0.80 v (C) 0.75 v (D) 0.70 v

Q.6 A particle starts from rest, accelerates at 2 m/s^2 for 10 s and then goes for constant speed for 30 s and then decelerates at 4 m/s^2 till it stops. What is the distance travelled by it? **[4]**

(1*) 750 m (2) 800 m (3) 700 m (4) 850 m

Q.7 A bullet fired into a fixed target loses half of its velocity after penetrating 3 cm. How much further it will penetrate before coming to rest assuming that it faces constant resistance to motion ? **[4]**

(1) 1.5 cm (2*) 1.0 cm (3) 3.0 cm (4) 2.0 cm

Class:XI	Time: 35 Min.	M.M.: 28	DPP. NO.-2

Q.1 An express train is moving with a velocity v_1. Its drive finds another train is moving on the same track in the same direction with velocity v_2. To escape collision, driver applies a retardation a on the tain. The minimum time of escaping collision will be : **[4]**

(A*) $t = \frac{v_1 - v_2}{a}$ (B) $t_1 = \frac{v_1^2 - v_2^2}{2}$ (C) None (D) both

Q.2 A particle has initial velocity 9 m/sec due east and a constant acceleration of 2 ms^{-2} due west. The distance covered by the particle in 5^{th} second of its motion is : **[4]**

(1) 0 m (2*) 0.5 m (3) 2 m (4) 2.5 m

Q.3 A particle has initial velocity 51.5 m/sec due east and a constant acceleration of 2 ms^{-2} due west. The distance covered by the particle in 26^{th} second of its motion is : **[4]**

(1) 0 m (2*) 0.5 m (3) 2 m (4) 2.5 m

Q.4 A particle starts with a velocity of 2 ms^{-1} and moves in a straight line with a retardation of 0.1 ms^{-2} . The first time at which the particle is 15 m from the starting point is **[4]**

(1*) 10 s (2) 20 s (3) 30 s (4) 40 s

Q.5 A motor car moving with a uniform speed of 20 m/sec comes to stop on the application of brakes after travelling a distance of 10 m, its acceleration is : **[4]**

(1) 20 m/sec^2 (2*)– 20 m/sec^2 (3) – 40 m/sec^2 (4) + 2 m/sec^2

Q.6 A rocket, initially at rest, is fired vertically with an upward acceleration of 10 m/s^2. At an altitude of 0.50 km, the engine of the rocket cuts off. What is the maximum altitude it achieves? **[4]**

(1) 1.9 km (2) 1.3 km (3) 1.6 km (4*) 1.0 km

Q.7 A particle covers equal distance around a circular path, in equal intervals of time. Which of the following quantities connected with the motion of the particle remains constant with time : **[4]**

(1) Displacement (2) Velocity (3*) Speed (4) Acceleration

Class:XI	Time: 35 Min.	M.M.: 28	DPP. NO.-3

Q.1 A stone is thrown from the top of a building with an initial velocity of 20 m/s downward. The top of the building is 60 m above the ground. How much time elapses between the instant of release and the instant of impact with the ground ? **[4]**

(1*) 2.0 s (2) 6.1 s (3) 3.5 s (4) 1.6 s

Q.2 A ball is projected upwards. Its acceleration at the highest point is : **[4]**

(1) zero (2) directed upwards

(3*) directed downwards (4) such as cannot be predicted

Q.3 A body is dropped freely from a height of 80 m above the ground. The distance travelled by it in 3rd second will be :- **[4]**

(1) 5 m (2) 15 m (3*) 25 m (4) 30 m

Q.4 An object is thrown vertically and has an upward velocity of $\sqrt{75}$ m/s when it reaches one fourth of its maximum height above its launch point. What is the initial (launch) speed of the object? **[4]**

(1) 35 m/s (2) 25 m/s (3) 30 m/s (4*) 10 m/s

Q.5 A stone is dropped from the top of a tower of height h. After 1 second another stone is dropped from the balcony 20 m below the top. Both reach the bottom simultaneously. What is the value of h ?
(Take g = 10 m s^{-2}) **[4]**

(1) 3125 m (2*) 312.5 m (3) 31.25 m (4) 25.31 m

Q.6 A body is thrown up with velocity of 10 m/s from a tower of 100 m. The time taken is t_1 . Another body is released from a tower of height $5(1+\sqrt{21})^2$ m. The time taken is t_2. Find t_1 / t_2 **[4]**

(1*) 1 (2) 2

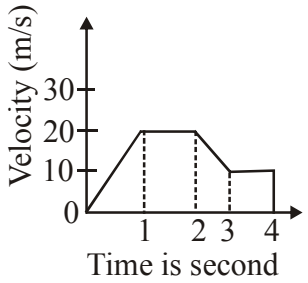
(3) 3 (4) Can not be determined

Q.7 An object is projected upwards with a velocity of 100 m/s. It will strikes the ground after (approximately) **[4]**

(1) 10 sec (2*) 20 sec (3) 15 sec (4) 5 sec.

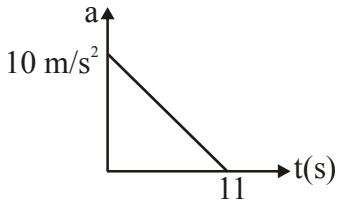
Class:XI (MX)	Time: 35 Min.	M.M.: 28	DPP. NO.-4

Q.1 The variation of velocity of a particle with time moving along a straight line is illustrated in the following figure. The distance travelled by the particle in four seconds is : **[4]**



(1) 60 m (2*) 55 m (3) 25 m (4) 30 m

Q.2 A particle starts from rest. Its acceleration (a) versus time (t) is as shown in the figure. The maximum speed of the particle will be : **[4]**



(1) 110 m/s (2*) 55 m/s (3) 550 m/s (4) 660 m/s

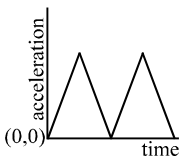
Q.3 A car starts from rest and moves with uniform acceleration a on a straight road from time t = 0 to t = T. After that, a constant deceleration brings it to rest. In this process the average speed of the car is : **[4]**

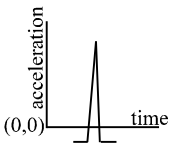
(1) $\frac{aT}{4}$ (2) $\frac{3aT}{2}$ (3*) $\frac{aT}{2}$ (4) aT

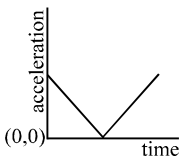
Q.4 A particle starts from rest with constant acceleration a and it is then decelerated with a constant value b till it is brought to rest. If the total time taken between these two rest positions is t. What is the maximum speed acquired by the particle? **[4]**

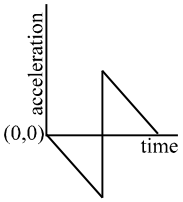
(1) $\frac{a+b}{2}t$ (2) $(a-b)\frac{t}{2}$ (3*) $\left(\frac{ab}{a+b}\right)t$ (4) $\left(\frac{a+b}{ab}\right)t$

Q.5 Which of the following graphs would best represent acceleration versus time for the bouncing ball? **[4]**

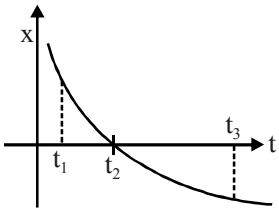
(1) 

(2*) 

(3) 

(4) 

Q.6 The position time graph for a particle moving on x-axis is shown here. **[4]**



Choose correct statement.

(1) at $t = t_2$ particle is at rest.

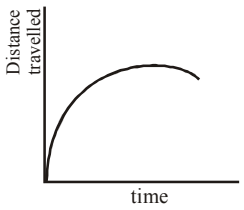
(2*) at $t = t_2$ particle is at origin.

(3) at $t = t_3$ particle is moving in positive x-direction

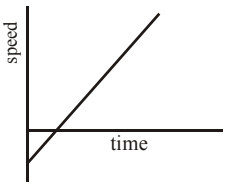
(4) at $t = t_1$ particle is moving in positive x-direction.

Q.7 Which graph is practically possible : **[4]**

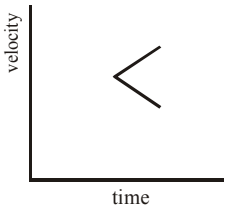
(1)



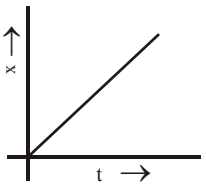
(2)



(3)

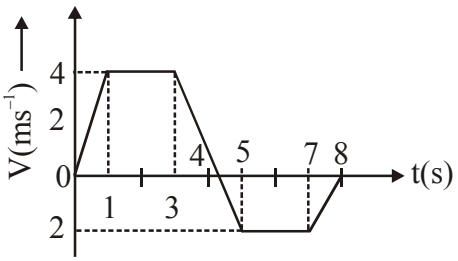


(4*)



Class:XI (MX)	Time: 35 Min.	M.M.: 28	DPP. NO.-5

Q.1 The V–t graph of a rectilinear motion is shown in adjoining figure. The distance from origin after 8 seconds is : **[4]**

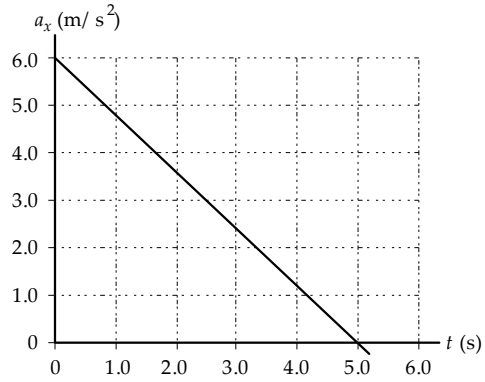


(1*) 18 metres (2) 12 metres (3) 8 metres (4) 6 metres

Q.2 Two projectiles are projected with the same velocity. If one is projected at an angle of 30° and the other at 60° to the horizontal, then the ratio of maximum heights reached is : **[4]**

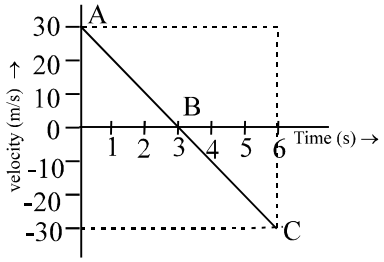
(1) 3 : 1 (2*) 1 : 3 (3) 1 : 2 (4) 2 : 1

Q.3 At t = 0, a particle is located at x = 25 m and has a velocity of 15 m/s in the positive x direction. The acceleration of the particle varies with time as shown in the diagram. What is the velocity of the particle at t = 5.0 s? **[4]**



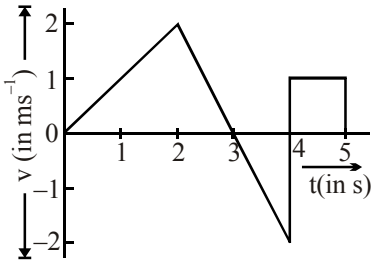
(1) +15 m/s (2) –15 m/s (3*) + 30 m/s (4) 0

Q.4 The velocity time graph of a stone thrown vertically upward with an initially velocity of 30 ms^{-1} is shown in fig. The velocity in the upward direction is taken as positive and that in the downward direction as negative. What is the maximum height to which the stone rises ? **[4]**



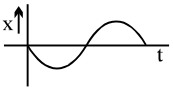
(1) 30 m (2*) 45 m (3) 60 m (4) 90 m

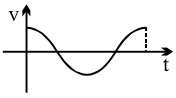
Q.5 The velocity-time graph of a particle moving along a straight line is shown in figure. The displacement of the body in 5 second is **[4]**

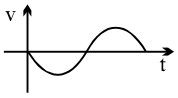


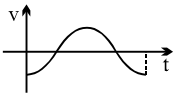
(1) 0.5 m (2) 1 m (3) 2 m (4*) 3 m

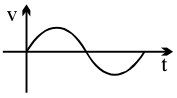
Q.6 If position time graph of a particle is sine curve as shown, what will be its velocity-time graph. **[4]**



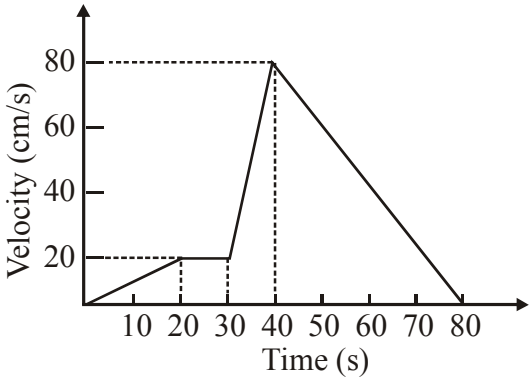
(1) 

(2) 

(3*) 

(4) 

Q.7 The v-t graph of a moving object is given in figure. The maximum acceleration is **[4]**



(1) 1 cm/s^2 (2) 2 cm/s^2 (3) 3 cm/s^2 (4*) 6 cm/s^2

Class:XI (MX)	Time: 35 Min.	M.M.: 28	DPP. NO.-6

Q.1 A particle located at $x = 0$ at time $t = 0$, starts moving along the positive x-direction with a velocity 'v' that varies as $v = \alpha\sqrt{x}$. The displacement of the particle varies with time as : **[4]**

(1) t (2) $t^{1/2}$ (3) t^3 (4*) t^2

Q.2 The velocity of a body depends on time according to the equation $v = 20 + 0.1t^2$. The body is undergoing: **[4]**

(1) Uniform acceleration (2) Uniform retardation
(3*) Non-uniform acceleration (4) Zero acceleration

Q.3 The displacement is given by $x = 2t^2 + t + 5$, the acceleration at $t = 2s$ is : **[4]**

(1*) 4 m/s^2 (2) 8 m/s^2 (3) 10 m/s^2 (4) 15 m/s^2

Q.4 If the velocity of a particle moving on x-axis is given by $v = 3t^2 - 12t + 6$. At what time is the acceleration of particle zero ? **[4]**

(1*) 2 sec. (2) $2 + \sqrt{2}$ sec. (3) $2 - \sqrt{2}$ sec. (4) zero

Q.5 A particle moving along the x axis has a position given by $x = (24t - 2.0\,t^3)$ m, where t is measured in s. What is the magnitude of the acceleration of the particle at the instant when its velocity is zero? **[4]**

(1*) 24 m/s^2 (2) zero (3) 12 m/s^2 (4) 48 m/s^2

Q.6 The relation $3t = \sqrt{3x + 6}$ describes the displacement of a particle in one direction where x is in metres and t in sec. The displacement, when velocity is zero, is : **[4]**

(1) 24 metres (2) 12 metres (3) 5 metres (4*) Zero

Q.7 The displacement of a body is given to be proportional to the cube of time elapsed. The magnitude of the acceleration of the body is **[4]**

(1*) increasing with time (2) decreasing with time
(3) constant but not zero (4) zero

Class:XI (MX)	Time: 35 Min.	M.M.: 28	DPP. NO.-7

Q.1 An object moving with a speed of 6.25 m/s, is decelerated at a rate given by $\frac{dv}{dt} = -2.5\sqrt{v}$ where v is the instantaneous speed. The time taken by the object, to come to rest, would be **[4]**

(1) 1s (2*) 2s (3) 4s (4) 8s

Q.2 A particle moves a distance x in time t according to equation $x = (t+5)^{-1}$. The acceleration of particle is proportional to **[4]**

(1) $(\text{velocity})^{2/3}$ (2) $(\text{velocity})^{3/2}$ (3) $(\text{distance})^{2}$ (4) $(\text{distance})^{-2}$

Q.3 A particle moves along a straight line. Its position at any instant is given by $x = 32t - \frac{8t^3}{4}$, where x is in metre and t is in second. Find the acceleration of the particle at the instant when particle is at rest. **[4]**

(1) $-16\ m/s^2$ (2*) $-32\ m/s^2$ (3) $32\ m/s^2$ (4) $16\ m/s^2$

Q.4 Over a short interval near time t = 0 the coordinate of an automobile in meters is given by $x(t) = 27t - 4.0t^3$, where t is in seconds. At the end of 1.0 s the acceleration of the auto is : **[4]**

(1) $27\ m/s^2$ (2) $4.0\ m/s^2$ (3) $-4.0\ m/s^2$ (4*) $-24\ m/s^2$

Q.5 The coordinate of an object is given as a function of time by $x = 7t - 3t^2$, where x is in meters and t is in seconds. Its average velocity over the interval from t = 0 to t = 4 s is: **[4]**

(1) 5m/s (2*) – 5m/s (3) 11m/s (4) – 11m/s

Q.6 The velocity of an object is given as a function of time by $v = 4t - 3t^2$, where v is in m/s and t is in seconds. Its average velocity over the interval from t = 0 to t = 2s: **[4]**

(1*) is 0 (2) is –2m/s (3) is 2m/s (4) is – 4m/s

Q.7 A boy aims at a bird from a point at a horizontal distance of 100 m. The gun can impart a velocity of 500 m/s to the bullet. At what height above the bird must he aim his gun in order to hit : (Take $g = 10\ m/s^2$) **[4]**

(1*) 20 cm (2) 40 cm (3) 50 cm (4) 100 cm