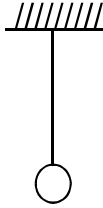
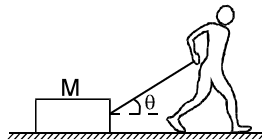


SOLVED EXAMPLES

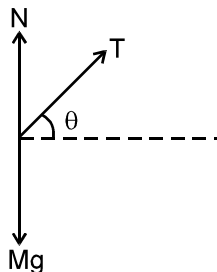
1. A heavy particle of mass 0.50 kg is hanging from a string fixed with the roof. Find the force exerted by the string on the particle (as shown in figure). Take $g = 9.8 \text{ m/s}^2$.



- Sol.** The force acting on the particle are
 (a) pull of the earth, $0.50 \text{ kg} \times 9.8 \text{ m/s}^2 = 4.9 \text{ N}$, vertically downward .
 (b) pull of the string , T vertically upward.
 The particle is at rest with respect to the earth (which we assume to be an inertial frame). Hence , the sum of the forces should be zero. Therefore , T is 4.9 N acting vertically upward.
2. A block of mass M is pulled on a smooth horizontal table by a string making an angle θ with the horizontal as shown in figure. If the acceleration of the block is 'a' find the force applied by the string and by the table on the block.



- Sol.** Let us consider the block as the system.
 The forces on the block are
 (a) pull of the earth , Mg vertically downward.
 (b) contact force by the table 'N' vertically upward,
 (c) pull of the string 'T' along the string.
 The free body diagrams for the block is shown in figure



The acceleration of the block is horizontal and towards the right. Take this direction as the X-axis and vertically upward direction as the Y-axis. We have

$$\text{component of } Mg \text{ along the X-axis} = 0$$

$$\text{component of } N \text{ along the X-axis} = 0$$

$$\text{component of } T \text{ along the X-axis} = T \cos \theta$$

$$\text{Hence , the total force along the X-axis} = T \cos \theta$$

$$\text{Using Newton's law, } T \cos \theta = Ma \quad \dots(i)$$

$$\text{component of } Mg \text{ along the Y-axis} = -Mg$$

$$\text{component of } N \text{ along the Y-axis} = N$$

$$\text{component of } T \text{ along the Y-axis} = T \sin \theta$$

$$\text{Total force along the Y-axis} = N + T \sin \theta - Mg$$

$$\text{Using Newton's law, } N + T \sin \theta - Mg = 0 \quad \dots(ii)$$

$$\text{From equation (i) , } T = \frac{Ma}{\cos \theta} . \text{ Putting this in equation (ii)}$$

$$N = Mg - Ma \tan \theta .$$

4. The block shown in figure has a mass M and descends with an acceleration a . The mass of the string below the point A is m . Find the tension in the string at the point A and the lower end.

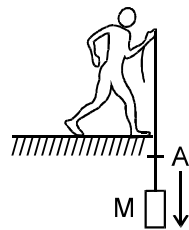


Figure 5.11

Sol. Consider “the block + part of the string below A” as the system. Let the tension at A be T . The forces acting on this system are

(a) $(M + m)g$, downward, by the earth

(b) T , upward, by the upper part of the string.

The first is gravitational and the second is electromagnetic. We do not have to write the force by the string on the block. This electromagnetic force is by one part of the system on the other part. Only the forces acting on the system by the objects other than the system are to be included.

The system is descending with an acceleration a , Taking the downward direction as the X-axis is

$$\begin{aligned} (M + m)g - T &= (M + m)a \\ \text{or, } T &= (M + m)(g - a) \end{aligned} \quad \dots(i)$$

We have omitted the free body diagram. This you can do if you can draw the free body diagram in your mind and write the equations correctly.

To get the tension T at the lower end we can put

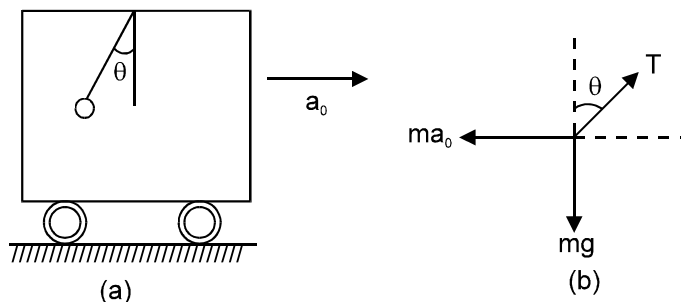
$m = 0$ in (i)

Effectively, we take the point A at the lower end. Thus

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

5. A pendulum is hanging from the ceiling of a car having an acceleration a_0 with respect to the road. Find the angle made by the string with the vertical.

Sol. The situation is shown in figure a. Suppose the mass of the bob is m and the string makes an angle θ with the vertical. We shall work from the car frame. This frame is noninertial as it has an acceleration \vec{a}_0 with respect to an inertial frame (the road). Hence, if we use Newton's second law we shall have to include a pseudo force.



Take the bob as the system.

The forces are :

(a) T along the string, by the string.

(b) mg downwards, by the earth

(c) ma_0 towards left (pseudo force)

The free body diagram is shown in figure b. As the bob is at rest (remember we are discussing the motion with respect to the car) the forces in (a), (b), (c) should add to zero. Take X-axis along the forward horizontal direction and Y-axis along the upward vertical direction.

The components of the forces along the X-axis give

$$T \sin \theta - ma_0 \quad \text{or,} \quad T \sin \theta = ma_0 \quad \dots(i)$$

and the components Y-axis give

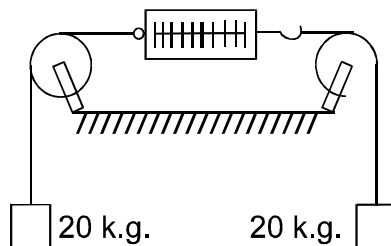
$$T \cos \theta - mg = 0 \quad \text{or,} \quad T \cos \theta = mg \quad \dots(ii)$$

Dividing (i) by (ii) $\tan \theta = a_0 / g$.

Thus the string makes an angle $\tan^{-1}(a_0 / g)$ with the vertical.

QUESTIONS FOR SHORT ANSWER

- The apparent weight of an object increases in an elevator while accelerating upward. A moongphaliwala sells his moongphali using a beam balance in an elevator. Will he gain more if the elevator is accelerating up?
- A boy puts a heavy box of mass M on his head and jumps down from the top of a multistoried building to the ground. How much is the force exerted by the box on his head during his free fall? Does the force greatly increase during the period he balances himself after striking the ground?
- A person drops a coin. Describe the path of the coin as seen by the person if he is in
 - car moving at constant velocity and
 - in a freely falling elevator.
- Is it possible for a particle to describe a curved path if no force acts on it? Does your answer depend on the frame of reference chosen to view the particle?
- You are riding in a car. The driver suddenly applies the brakes and you are pushed forward. Who pushed you forward?
- It is sometimes heard that inertial frame of reference is only an ideal concept and no such inertial frame actually exists. Comment
- An object is placed far away from all the objects that can exert force on it. A frame of reference is constructed by taking the origin and axes fixed in this object. Will the frame be necessarily inertial?
- Figure shows a light spring balance connected to two blocks of mass 20 kg each. The graduations in the balance measure the tension in the spring.
 - What is the reading of the balance?
 - Will the reading change if the balance is heavy, say 2.0 kg?
 - What will happen if the spring is light but the blocks have unequal masses?

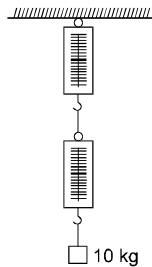


- The acceleration of a particle is zero as measured from an inertial frame of reference. Can we conclude that no force acts on the particle?
- Suppose you are running fast in a field when you suddenly find a snake in front of you. You stop quickly. Which force is responsible for your deceleration?
- If you jump barefooted on a hard surface, your legs get injured. But they are not injured if you jump on a soft surface like sand or pillow. Explain.
- According to Newton's third law each team pulls the opposite team with equal force in a tug of war. Why then one team wins and the other loses?
- A spy jumps from an airplane with his parachute. The spy accelerates downward for some time when the parachute opens. The acceleration is suddenly checked and the spy slowly falls on the ground. Explain the action of parachute in checking the acceleration.
- Consider a book lying on a table. The weight of the book and the normal force by the table on the book are equal in magnitude and opposite in direction. Is this an example of Newton's third law?
- Two blocks of unequal masses are tied by a spring. The blocks are pulled stretching the spring slightly and the system is released on a frictionless horizontal platform. Are the forces due to the spring on the two blocks equal and opposite? If yes, is it an example of Newton's third law?
- When a train starts, the head of a standing passenger seems to be pushed backward. Analyse the situation from the ground frame. Does it really go backward? Coming back to the train frame, how do you explain the backward movement of the head on the basis of Newton's laws?

17. A plumb bob is hung from the ceiling of a train compartment. If the train moves with an acceleration 'a' along a straight horizontal track, the string supporting the bob makes an angle $\tan^{-1}\left(\frac{a}{g}\right)$ with the normal to the ceiling. Suppose the train moves on an inclined straight track with uniform velocity. If the angle of incline is $\tan^{-1}\left(\frac{a}{g}\right)$ the string again makes the same angle with the normal to the ceiling. Can a person sitting inside the compartment tell by looking at the plumb line whether the train is accelerated on a horizontal straight track or it is going on an incline? If yes, how? if no, suggest a method to do so.

Objective - I

1. A body of weight w_1 is suspended from the ceiling of a room through a chain of weight w_2 . The ceiling pulls the chain by a force
 w_1 भार की वस्तु w_2 भार की चेन की सहायता से कमरे की छत से लटकाई गयी है। छत द्वारा चेन पर लगाया गया बल है -
 (a) w_1 (b) w_2 (c*) $w_1 + w_2$ (d) $\frac{w_1 + w_2}{2}$
2. When a horse pulls a cart, the force to move forward is the force exerted by
 जब घोड़ा एक गाड़ी को खींचता है, तो घोड़ेको आगे बढ़ने में मददगार बल वह बल है, जो लगाया जाता है -
 (a) the cart on the horse (b*) the ground on the horse
 (c) the ground on the cart (d) the horse on the ground
 (a) गाड़ी द्वारा घोड़े पर (b*) जमीन द्वारा घोड़े पर
 (c) जमीन द्वारा गाड़ी पर (d) घोड़े द्वारा जमीन पर
- Sol. Horse pushes the earth. Earth acts reaction force on the horse.
3. A car accelerates on a horizontal road due to the force exerted by
 एक समतल क्षेत्र में सड़क पर कार को चला देने हेतु बल लगाया जाता है -
 (a) the engine of the car (b) the driver of the car (c) the earth (d*) the road
 (a) कार के इंजन द्वारा (b) सड़क द्वारा (c) पृथ्वी द्वारा (d*) सड़क द्वारा
4. A block of mass 10 kg is suspended through two light spring balance as shown in figure (5-Q2)
 चित्रानुसार दो भारीहल स्प्रिंग तुलाओं से 10 किग्रा द्रव्यमान का एक ब्लॉक लटकाया गया है -



- (a*) Both the scales will read 10 kg.
 दोनों तुलाओं का पाठ्यांक 10 किग्रा. होगा।
- (b) Both the scales will read 5 kg.
 दोनों तुलाओं का पाठ्यांक 5 किग्रा. होगा।
- (c) The upper scale will read 10 kg and the lower zero.
 ऊपर वाली तुला का पाठ्यांक 10 किग्रा व नीचे वाली का शून्य होगा।
- (d) The readings may be anything but their sum will be 10 kg.
 पाठ्यांक कुछ भी हो सकता है, किन्तु उनका योग 10 किग्रा होगा।
5. A block of mass m is placed on a smooth inclined plane of inclination θ with the horizontal. The force exerted by the plane on the block has a magnitude
 क्षेत्र में θ कोण पर झुके हुए चिकने नत समतल पर m द्रव्यमान का एक ब्लॉक रखा हुआ है। समतल द्वारा ब्लॉक पर लगाये गये बल का परिमाण है -
 (a) mg (b) $mg/\cos \theta$ (c*) $mg\cos \theta$ (d) $mg\tan \theta$

6. A block of mass m is placed on a smooth wedge of inclination θ . The whole system is accelerated horizontally so that the block does not slip on the wedge. The force exerted by the wedge on the block has a magnitude.
 θ झुकाव वाले नत समतल पर m द्रव्यमान का ब्लॉक रखा हुआ है। सम्पूर्ण निकाय क्षैतिज दिशा में इस प्रकार त्वरित किया जाता है ब्लॉक नततल पर फिसलता नहीं है। नततल द्वारा ब्लॉक पर लगाये गये बल का परिमाण है -
 (a) mg (b*) $mg/\cos \theta$ (c) $mg\cos \theta$ (d) $mg\tan \theta$
7. Neglect the effect of rotation of the earth. Suppose the earth suddenly stops attracting objects placed near its surface. A person standing on the surface of the earth will
 पृथ्वी के घूर्णन को नगण्य मान लीजिये। माना कि पृथ्वी अपनी सतह पर स्थित वस्तुओं को एकदम से आकर्षित करना बन्द कर देती है। पृथ्वी की सतह पर खड़ा हुआ व्यक्ति -
 (a) fly up (b) slip along the surface
 (c) fly along a tangent to the earth's surface (d*) remain standing
 (a) उड़ जायेगा (b) सतह पर फिसल जायेगा।
 (c) पृथ्वी की सतह पर स्पर्श रेखीय दिशा में उड़ जायेगा। (d*) खड़ा रहेगा।
8. Three rigid rods are joined to form an equilateral triangle ABC of side 1m. Three particles carrying charges $20 \mu\text{C}$ each are attached to the vertices of the triangle. The whole system is at rest always in an inertial frame. The resultant force on the charged particle at A has the magnitude.
 तीन सुदृढ़ छड़ें 1 मी. भुजा के समबाहु त्रिभुज ABC के रूप में जोड़ी गयी है। तीन कण जिनमें प्रत्येक पर $20 \mu\text{C}$ आवेश है, त्रिभुज के शीर्षों पर जोड़े गये हैं। सम्पूर्ण निकाय एक जड़त्वीय निर्देशा तन्त्रा में विरामावस्था में है। A पर स्थित आवेशित कण पर परिणामी बल का परिमाण है -
 [M.Bank_HCV_Ch.5_Obj.1_8]
 (A*) zero (B) 3.6 N (C) $3.6\sqrt{3}$ N (D) 7.2 N
- Sol.** $\vec{F}_{\text{net}} = m\vec{a}$
 \vec{a} = acceleration of charge of particle at A = 0
 $\therefore \vec{F}_{\text{net}} = 0$.
- Since whole system is at rest then A is also at rest so resultant force on charge A is zero.
9. A force F_1 acts on a particle so as to accelerate it from rest to a velocity v . The force F_1 is then replaced by F_2 is then replaced by F_2 which decelerates it to rest.
 एक स्थिर कण पर बल F_1 इस प्रकार लगता है कि यह कण को त्वरित करके इसका वेग v कर देता है। इसके पश्चात् बल F_1 को बल F_2 से प्रतिस्थापित करके कण को विरामावस्था तक अवमंदित किया जाता है -
 (a) F_1 must be the equal to F_2 (b*) F_1 may be equal to F_2
 (c) F_1 must be unequal to F_2 (d) None of these
 (a) F_1 निश्चित रूप से F_2 के बराबर है। (b*) F_1, F_2 के बराबर हो सकता है।
 (c) F_1 निश्चित रूप से F_2 के बराबर नहीं है। (d) इनमें से कोई नहीं।
10. Two objects A and B are thrown upward simultaneously with the same speed. The mass of A is greater than the mass of B. Suppose the air exerts a constant and equal force of resistance on the two bodies.
 दो वस्तुएँ A तथा B एक साथ समान चाल से ऊपर की ओर फेंकी गई हैं। A का द्रव्यमान, B के द्रव्यमान से अधिक है। माना कि दोनों ही वस्तुओं पर वायु का प्रतिरोध बल नियत व एक समान है।
 (a) The two bodies will reach the same height.
 दोनों वस्तुएँ समान ऊँचाई तक पहुँचेंगी।
 (b*) A will go higher than B.
 B की तुलना में A अधिक ऊँचाई तक जायेगी।
 (c) B will go higher than A.
 A की तुलना में B अधिक ऊँचाई तक जायेगी।
 (d) Any of the above three may happen depending on the speed with which the objects are thrown.
 वस्तुओं को ऊपर फेंकने की चाल के आधार पर उक्त तीनों में से कोई भी स्थिति सम्भव है।
11. A smooth wedge A is fitted in a chamber hanging from a fixed ceiling near the earth's surface. A block B placed at the top of the wedge takes a time T to slide down the length. If the block is placed at the top of the wedge and the cables supporting the chamber start accelerating it upward with an acceleration of 'g', at the same instant, the block will.
 [HCV_Ch_5-obj-I_11]
 (A) take a time longer than T to slide down the wedge
 (B*) take a time shorter than T to slide down the wedge

(C) remain at the top of the wedge

(D) jump off the wedge

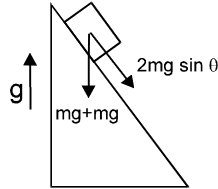
एक चिकना वेज A एक चैम्बर (कक्ष) में स्थिर (fix) करके रखा जाता है, चैम्बर पृथ्वी के नजदीक किसी स्थिर छत से लटका हुआ है। एक गुटका B तल के ऊपरी (शीर्ष) बिन्दु से नीचे पूरी लम्बाई तक फिसलने में समय T लेता है। अगर गुटका, वेज के ऊपरी (शीर्ष) बिन्दु पर रखा जाता है और उसी क्षण रस्सी जिससे चैम्बर बन्धा हुआ है, ऊपर की ओर g त्वरण से त्वरित होना शुरू हो जाती है। तो इस बार गुटका B -

(A) वेज पर नीचे फिसलने में T से ज्यादा समय लगेगा।

(B*) वेज पर नीचे फिसलने में T से कम समय लगेगा।

(C) ऊपर (शीर्ष) बिन्दु पर ही बना रहेगा।

(D) वेज से उछल जाएगा।



Sol.

When chamber starts moving up by acceleration 'g', pseudo force mg acts downward on block. Driving force is increased from $mg \sin \theta$ to $2mg \sin \theta$ hence acceleration is increased.

12. In an imaginary atmosphere, the air exerts a small force F on any particle in the direction of the particle's motion. A particle of mass m projected upward takes a time t_1 in reaching the maximum height and t_2 in the return journey to the original point. Then

एक काल्पनिक वायुमण्डल में कण की गति के विपरीत दिशा में वायु के कारण कण पर एक उत्पन्न बल F लगता है। ऊपर की ओर प्रक्षेपित m द्रव्यमान के कण को अधिकतम ऊँचाई तक पहुँचने में t_1 समय लगता है तथा ऊपर से प्रक्षेपण बिन्दु तक वापिस आने में t_2 समय लगता है, तो -

(a) $t_1 < t_2$ (b*) $t_1 > t_2$ (c) $t_1 = t_2$ (d) the relation between t_1 and t_2 depends on the mass of the particle. t_1 तथा t_2 के मध्य सम्बन्ध कण के द्रव्यमान पर निर्भर करेगा।

13. A person standing on the floor of an elevator drops a coin. The coin reaches the floor of the elevator is stationary and in time t_2 if it is moving uniformly. Then

लिफ्ट के फर्श पर खड़ा हुआ व्यक्ति एक सिक्का गिराता है। सिक्का फर्श पर पहुँचने में, यदि लिफ्ट स्थिर है तो t_1 समय तथा यदि लिफ्ट एक मसान वेग से गतिशील है तो t_2 समय लगता है, तो -

(a*) $t_1 = t_2$ (b) $t_1 > t_2$ (c) $t_1 > t_2$ (d) $t_1 < t_2$ or $t_1 > t_2$ depending $t_1 < t_2$ तथा $t_1 > t_2$ इस पर निर्भर करेगा कि लिफ्ट ऊपर जा रही है या नीचे।

14. A free ^{238}U nucleus kept in a train emits an alpha particle. When the train is stationary, a nucleus decays and a particle and the recoiling nucleus becomes x at time after the decay. If the decay takes place while the train is moving at a uniform velocity v , the distance between the alpha particle and the recoiling nucleus at a time t after the decay as measured by the passenger is

एक ट्रेन से रखा हुआ ^{238}U का मुक्त नाभिक एक α कण उत्सर्जित करता है। जब ट्रेन स्थिर है तो एक यात्री प्रेक्षित करता है कि विखण्डन के समय पश्चात् α कण एवं प्रतिक्षेपित नाभिक के मध्य यात्री द्वारा प्रेक्षित अंतराल है -

(a) $x + vt$ (b) $x - vt$ (c*) x

(d) depends on the direction of the train. ट्रेन की गति की दिशा पर निर्भर करेगा।

Objective - II

1. A reference frame attached to the earth

पृथ्वी के साथ सम्बद्ध एक निर्देश तन्त्रा है।

(a) is an inertial frame by definition

परिभाषा नुसार जड़त्वीय निर्देश तन्त्रा है।

(b*) cannot be an inertial frame because the earth is revolving around the sun.

जड़त्वीय निर्देश तन्त्रा नहीं हो सकता है, क्योंकि पृथ्वी सूर्य के चारों ओर घूम रही है।

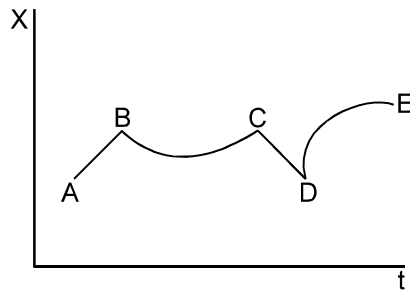
(c) is an inertial frame because Newton's laws are applicable in this frame.

यह एक जड़त्वीय निर्देश तन्त्रा है, क्योंकि इस निर्देश तन्त्रा में न्यूटन के नियम लागू होते हैं।

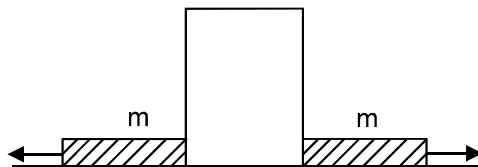
(d*) cannot be an inertial frame because the earth is rotating about its axis.

एक निर्देश तन्त्रा में देखने पर एक कण स्थिर दिखाई देता है। हम निष्कर्ष निकाल सकते हैं कि -

2. A particle stays at rest as seen in a frame. We can conclude that एक निर्देश तन्त्रा में देखने पर एक कण स्थिर दिखाई देता है। हम निष्कर्ष निकाल सकते हैं कि -
 (a) the frame is inertial.
 निर्देश तन्त्रा जड़त्वीय है।
 (b) resultant force on the particle is zero.
 कण पर परिणामी बल शून्य है।
 (c*) the frame may be inertial but the resultant force on the particle is zero.
 निर्देश तन्त्रा जड़त्वीय हो सकता है, किन्तु कण पर परिणामी बल शून्य है।
 (d*) the frame may be noninertial but there is a nonzero resultant force.
 निर्देश तन्त्रा अजड़त्वीय हो सकता है किन्तु परिणामी बल अशून्य है।
3. A particle is found to be at rest when seen from a frame S_1 and moving with a constant velocity when seen from another frame S_2 . Markout the possible options.
 S_1 निर्देश तन्त्रा से देखने पर एक कण विरावावस्था में दिखाई देता है तथा एक अन्य निर्देश तन्त्रा S_2 से देखने पर नियत वेग से गतिशील दिखाई देता है। सही कथनों को चिन्हित करिये -
 (a*) Both the frames are inertial (b*) Both the frames are noninertial.
 (c) S_1 is inertial and S_2 is noninertial. (d) S_1 is noninertial and S_2 is inertial.
 (a*) दोनों ही निर्देश तन्त्रा जड़त्वीय हैं। (b*) दोनों ही निर्देश तन्त्रा अजड़त्वीय हैं।
 (c) S_1 जड़त्वीय है तथा S_2 अजड़त्वीय है। (d) S_1 अजड़त्वीय है तथा S_2 जड़त्वीय है।
4. Figure (5-Q3) shows the displacement of a particle going along the X-axis as a function of time. The force acting on the particle is zero in the region.
 चित्रा में X-अक्ष के अनुदिश गतिशील कण का विस्थापन समय के फलन के रूप में प्रदर्शित किया गया है। निम्न क्षेत्रा में कण पर लग रहा बल शून्य है -
 (a*) AB (b) BC (c*) CD (d) DE



5. Figure shows a heavy block kept on a frictionless surface and being pulled by two ropes of equal mass m . At $t = 0$, the force on the left rope is withdrawn but the force on the right and continues to act. Let F_1 and F_2 be the magnitudes of the forces by the right rope and the left rope on the block respectively.
 चित्र में प्रदर्शित किया गया है कि घर्षण रहित सतह पर स्थित एक भारी ब्लॉक, समान द्रव्यमान m की दो रस्सियों द्वारा खींचा जा रहा है। $t=0$ पर, बायीं रस्सी पर लग रहा बल हटा लिया जाता है किन्तु दायीं रस्सी पर लगने वाल बल सतत् रूप से लगता रहता है। माना कि दायीं रस्सी तथा बायीं रस्सी पर लगने वाले बलों के परिमाण क्रमशः F_1 तथा F_2 हैं -



- (a*) $F_1 = F_2 = F$ for $t < 0$ (b) $F_1 = F_2 = F + mg$ for $t < 0$
 (c) $F_1 = F$, $F_2 = F$ for $t > 0$ (d) $F_1 < F$, $F_2 = F$ for $t > 0$
6. The force exerted by the floor of an elevator on the foot of a person standing there is more than the weight of the person if the elevator is

लिफ्ट के फर्श पर खड़े आदमी पर फर्श द्वारा लगाये गये बल का मान आदमी के भार से ज्यादा होगा अगर लिफ्ट

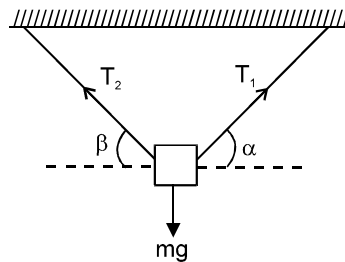
HCV_Ch-5_Obj.II_6

- (A*) going up and speeding up (B) going up and speeding down
 (C) going down and speeding up (D*) going down and speeding down
 (A*) ऊपर जा रही है और चाल बढ़ती जा रही है। (B) ऊपर जा रही है और चाल घटती जा रही है।
 (C) नीचे जा रही है और चाल बढ़ती जा रही है। (D*) नीचे जा रही है और चाल घटती जा रही है।

7. If the tension in the cable supporting an elevator is equal to the weight of elevator, the elevator may be
 यदि लिफ्ट को सहारा देने वाली केबल में तनाव, लिफ्ट के भार के बराबर है, तो लिफ्ट हो सकती है -
 (a) going up with increasing speed. (b) going down with increasing speed.
 (c*) going up with uniform speed. (d*) going down with uniform speed.
 (a) चाल में वृद्धि के साथ ऊपर की ओर गतिशील (b) चाल में वृद्धि के साथ नीचे की ओर गतिशील
 (c*) ऊपर की ओर एक समान चाल से गतिशील (d*) नीचे की ओर एक समान चाल से गतिशील
8. A particle is observed from frames two S_1 and S_2 . The frame S_2 moves with respect to S_1 with an acceleration a . Let F_1 and F_2 be the pseudo forces on the particle when seen from S_1 and S_2 respectively. Which of the following are not possible?
 एक कण को दो निर्देश तन्त्रों S_1 तथा S_2 से प्रेक्षित किया जा रहा है। निर्देश तन्त्र S_1 के सापेक्ष निर्देश तन्त्र S_2 त्वरण a से गतिशील है। माना कि S_1 तथा S_2 में कण पर लगने वाले आभासी बल क्रमशः F_1 तथा F_2 हैं। निम्न में से कौनसा सम्भव नहीं है -
 (a) $F_1 = 0, F_2 \neq 0$ (b) $F_1 \neq 0, F_2 = 0$ (c) $F_1 \neq 0, F_2 \neq 0$ (d*) $F_1 = 0, F_2 = 0$
9. A person says that he measured the acceleration of a particle to be nonzero while no force was acting on the particle.
 एक व्यक्ति कहता है कि जबकण पर कोई बल कार्यरत नहीं है तो उसके द्वारा प्रेक्षित कण का त्वरण शून्य नहीं है -
 (a) He is a liar. वह झूठा है।
 (b) His clock might have been longer than the standard. उसकी घड़ी धीमी चल रही है।
 (c) His meter scale might have been longer than the standard. उसका मीटर स्केल मानक से बड़ा है।
 (d*) He might have used noninertial frame. वह अड़त्वीय निर्देश तन्त्र में स्थित है।

WORKED OUT EXAMPLES

1. A body of mass m is suspended by two strings making angles α and β with the horizontal. Find the tensions in the strings.
Sol. Take the body of mass m as the system. The forces acting on the system are
 (i) mg downwards (by the earth)
 (ii) T_1 along the first string (by the first string) and
 (iii) T_2 along the second string (by the second string)



These forces are shown in figure. As the body is in equilibrium, these forces must add to zero. Taking horizontal components,

$$T_1 \cos \alpha - T_2 \cos \beta + mg \cos \frac{\pi}{2} = 0$$

or, $T_1 \cos \alpha = T_2 \cos \beta$ (i)

Taking vertical components,

$$T_1 \sin \alpha + T_2 \sin \beta - mg = 0$$
(ii)

Eliminating T_2 from (i) and (ii),

$$T_1 \sin \alpha + T_1 \frac{\cos \alpha}{\cos \beta} \sin \beta = mg$$

or,
$$T_1 = \frac{mg}{\sin \alpha + \frac{\cos \alpha}{\cos \beta} \sin \beta} = \frac{mg \cos \beta}{\sin(\alpha + \beta)}$$

From (i),
$$T_2 = \frac{mg \cos \alpha}{\sin(\alpha + \beta)}$$

2. Two bodies of masses m_1 and m_2 are connected by a light string going over a smooth light pulley at the end of an incline. The mass m_1 lies on the incline and m_2 hangs vertically. The system is at rest. Find the angle of the incline and the force exerted by the incline on the body of mass m_1 . (figure)

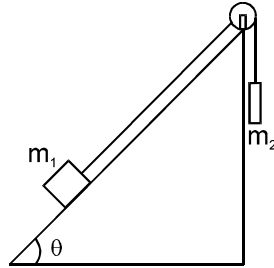
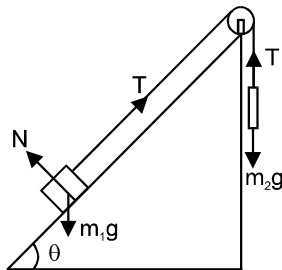


Figure 5-W2

- Sol.** Figure shows the situation with the forces on m_1 and m_2 shown. Take the body of mass m_2 as the system. The forces acting on it are



- (i) m_2g vertically downward (by the earth)
 (ii) T vertically upward (by the string)

As the system is at rest, these forces should add to zero.

This gives $T = m_2g$ (i)

Next, consider the body of mass m_1 as the system. The forces acting on this system are

- (i) m_1g vertically downward (by the earth)
 (ii) T along the string up the incline (by the string),
 (iii) N normal to the incline (by the incline).

As the string and the pulley are all light and smooth, the tension in the string is uniform everywhere. Hence same T is used for the equations of m_1 and m_2 . As the system is in equilibrium, these forces should add to zero.

Taking components parallel to the incline,

$$T = m_1 g \cos \left(\frac{\pi}{2} - \theta \right) = m_1 g \sin \theta \quad \text{.....(ii)}$$

Taking components along the normal to the incline,

$$N = m_1 g \cos \theta \quad \text{.....(iii)}$$

Eliminating T from (i) and (ii),

$$m_2 g = m_1 g \sin \theta$$

or, $\sin \theta = m_2 / m_1$
 giving $\theta = \sin^{-1}(m_2 / m_1)$

From (iii) $N = m_1 g \sqrt{1 - (m_2 / m_1)^2}$.

3. A bullet moving at 250 m/s penetrates 5 cm into a tree limb before coming to rest. Assuming that the force

exerted by the tree limb is uniform, find its magnitude. Mass of the bullet is 10g.

- Sol.** The tree limb exerts a force on the bullet in the direction opposite to its velocity. This force causes deceleration and hence the velocity decreases from 250 m/s to zero in 5 cm. We have to find the force exerted by the tree limb on the bullet. If a be the deceleration of the bullet, we have,

$$u = 250 \text{ m/s}, v = 0, x = 5 \text{ cm} = 0.05 \text{ m}$$

giving,
$$a = \frac{(250 \text{ m/s})^2 - 0^2}{2 \times 0.05 \text{ m}} = 625000 \text{ m/s}^2.$$

The force on the bullet is $F = ma = 6250 \text{ N}$.

4. The force on a particle of mass 10 g is $(\vec{i} 10 + \vec{j} 5)$. If it starts from rest, what would be its position at time $t = 5 \text{ s}$?

- Sol.** We have $F_x = 10 \text{ N}$ giving

$$a_x = \frac{F_x}{m} = \frac{10 \text{ N}}{0.01 \text{ kg}} = 1000 \text{ m/s}^2.$$

As this is a case of constant acceleration in x -direction,

$$x = u_x t + \frac{1}{2} a_x t^2 = \frac{1}{2} \times 1000 \text{ m/s}^2 \times (5 \text{ s})^2 \\ = 12500 \text{ m}.$$

Similarly, $a_y = \frac{F_y}{m} = \frac{5 \text{ N}}{0.01 \text{ kg}} = 500 \text{ m/s}^2$

and $y = 6250 \text{ m}$

Thus the position of the particle at $t = 5 \text{ s}$ is,

$$\vec{r} = (\vec{i} 12500 + \vec{j} 6250) \text{ m}.$$

5. With what acceleration 'a' should the box of figure descend so that the block of mass M exerts a force $Mg/4$ on the floor of the box?

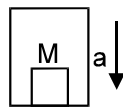


Figure 5-W4

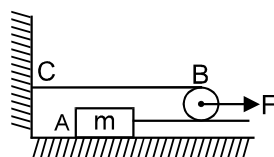
- Sol.** The block is at rest with respect to the box which is accelerated with respect to the ground. Hence the acceleration of the block with respect to the ground is 'a' downward. The forces on the block are
(i) Mg downward (by the earth) and
(ii) N upward (by the floor)

The equation of motion of the block is, therefore

$$Mg - N = Ma.$$

If $N = Mg/4$, the above equations gives $a = 3g/4$. The block and hence the box should descend with an acceleration $3g/4$.

6. A block 'A' of mass m is tied to a fixed point C on a horizontal table through a string passing round a massless smooth pulley B (figure). A force F is applied by the experimenter to the pulley. Show that if the pulley is displaced by a distance x and the block will be displaced by $2x$. Find the acceleration of the block and the pulley.



- Sol.** Suppose the pulley is displaced to B' and the block to A' (Figure). The length of the string is $CB + BA$ and is also equal to $CB + BB' + B'B + BA'$. Hence $CB + BA' + AA' = CB + BB' + B'B + BA'$ or, $AA' = 2BB'$.

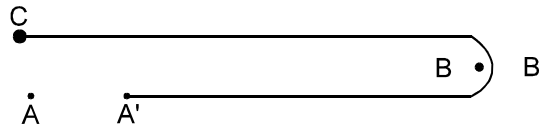


Figure 5-W6

The displacement of A is, therefore, twice the displacement of B in any given time interval. Differentiating twice, we find that the acceleration of A is twice the acceleration of B.

To find the acceleration of the block we will need the tension in the string. That can be obtained by considering the pulley as the system.

The forces acting on the pulley are

- (i) F towards right by the experimenter,
- (ii) T towards left by the portion BC of the string and
- (iii) T towards left by the portion BA of the string.

The vertical forces, if any add to zero as there is no vertical motion.

As the mass of the pulley is zero, the equation of motion is

$$F - 2T = 0 \quad \text{giving} \quad T = F / 2$$

Now consider the block as the system. The only horizontal force acting on the block is the tension T

towards right. The acceleration of the block is, therefore $a = T / M = \frac{F}{2m}$. The acceleration of the pulley is

$$a / 2 = \frac{F}{4m}.$$

7. A smooth ring A of mass m can slide on a fixed horizontal rod. A string tied to the ring passes over a fixed pulley B and carries a block C of mass $M (= 2m)$ as shown in figure. At an instant the string between the ring and the pulley makes an angle θ with the rod. (a) Show that, if the ring slides with a speed v , the block descends with speed $v \cos \theta$. (b) With what acceleration will the ring start moving if the system is released from rest with $\theta = 30^\circ$?

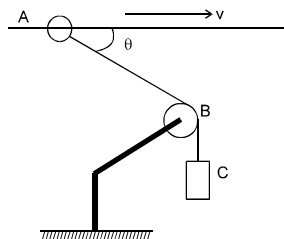


Figure 5-W7

- Sol.** (a) Suppose in a small time interval Δt the ring is displaced from A to A' (figure) and the block from C to C'. Drop a perpendicular A'P from A' to AB. For small displacement $A'B \approx PB$. Since the length of the string is constant, we have

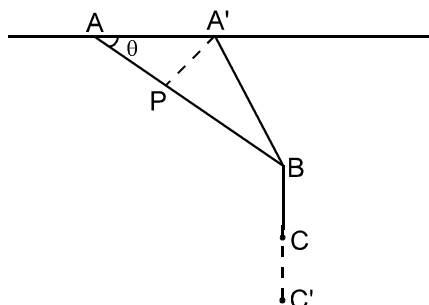


Figure 5-W8

$$\begin{aligned} AB + BC &= A'B + BC' \\ \text{or, } AP + PB + BC &= A'B + BC' \\ \text{or, } AP &= BC' - BC = CC' \quad (\text{as } A'B \approx PB) \\ \text{or, } AA' \cos \theta &= CC' \end{aligned}$$

$$\text{or, } \frac{AA' \cos \theta}{\Delta t} = \frac{CC'}{\Delta t}$$

or, (velocity of the ring) $\cos \theta =$ (velocity of the block).

(b) If the initial acceleration of the ring is a , that of the block will be $a \cos \theta$. Let T be the tension in the string at this instant. Consider the block as the system. The forces acting on the block are

- (i) Mg downwards due to the earth, and
- (ii) T upwards due to the string.

The equation of motion of the block is

$$Mg - T = Ma \cos \theta \quad \dots(i)$$

Now consider the ring as the system. The forces on the ring are

- (i) Mg downwards due to gravity
- (ii) N upward due to the rod.
- (iii) T along the string due to the string.

Taking components along the rod, the equation of motion of the ring is

$$T \cos \theta = ma \quad \dots(ii)$$

From (i) and (ii),

$$Mg - \frac{ma}{\cos \theta} = M a \cos \theta$$

$$\text{or } a = \frac{Mg \cos \theta}{m + M \cos^2 \theta}$$

Putting $\theta = 30^\circ$, $M = 2 \text{ m}$ and $g = 9.8 \text{ m/s}^2$; $a = 6.78 \text{ m/s}^2$.

8. A light rope fixed at one end to a wooden clamp on the ground passes over a tree branch and hangs on the other side. It makes an angle of 30° with the ground. A man weighing (60 kg) wants to climb up the rope. The wooden clamp can come out of the ground if an upward force greater than 360N is applied to it. Find the maximum acceleration in the upward direction with which the man can climb safely. Neglect friction at the tree branch. Take $g = 10 \text{ m/s}^2$.



- Sol.** Let T be the tension in the rope. The upward force on the clamp is $T \sin 30^\circ = T/2$. The maximum tension that will not detach the clamp from the ground is, therefore, given by

$$\frac{T}{2} = 360 \text{ N}$$

$$\text{or } T = 720 \text{ N}$$

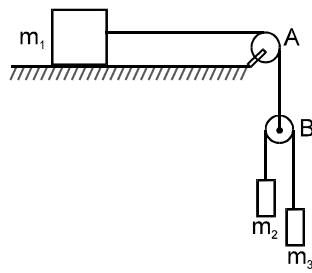
If the acceleration of the man in the upward direction is a , the equation of motion of the man is

$$T - 600 \text{ N} = (60 \text{ kg}) a$$

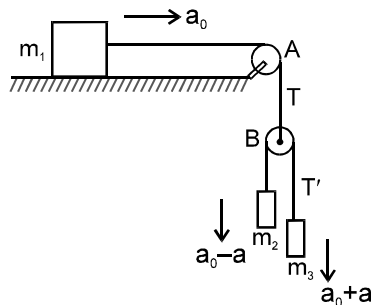
the maximum acceleration of the man for safe climbing is, therefore,

$$a = \frac{720 \text{ N} - 600 \text{ N}}{60 \text{ Kg}} = 2 \text{ m/s}^2.$$

9. Three blocks of masses m_1 , m_2 and m_3 are connected as shown in the figure. All the surfaces are frictionless and the string and the pulleys are light. Find the acceleration of m_1 .



Sol. Suppose the acceleration of m_1 is a_0 towards right. That will also be the downward acceleration of the pulley B because the string connecting m_1 and B is constant in length. Also the string connecting m_2 and m_3 has a constant length. This implies that the decreases in the separation between m_2 and B equals the increase in the separation between m_3 and B. So, the upward acceleration of m_2 with respect to B equals to the downward acceleration of m_3 with respect to B. Let this acceleration be a .
 The acceleration of m_2 with respect to the ground = $a_0 - a$ (downward) and the acceleration of m_3 with respect to the ground = $a_0 + a$ (downward).
 These acceleration will be used in Newton's laws. Let the tension be T in the upper string and T' in the lower string. Consider the motion of the pulley B.



The forces on this light pulley are

- (a) T upwards by the upper string and
- (b) $2T'$ downwards by the lower string.

As the mass of the pulley is negligible,

$$2T' = T = 0$$

given

$$T' = T/2$$

..... (i)

Motion of m_1 :

The acceleration is a_0 in the horizontal direction. The force on m_1 are

- (a) T by the string (horizontal)
- (b) $m_1 g$ by the earth (vertically downwards) and
- (c) N by the table (vertically upwards)

In the horizontal direction, the equation is

$$T = m_1 a_0$$

..... (ii)

Motion of m_2 : acceleration is $a_0 - a$

- (a) $m_2 g$ downward by the earth and
- (b) $T' = T/2$ upward by the string

Thus, $m_2 g - T/2 = m_2 (a_0 - a)$ (iii)

Motion of m_3 : The acceleration is $(a_0 + a)$ downward. The forces on m_3 are

- (a) $m_3 g$ downward by the earth
- (b) $T' = T/2$ upward by the string. Thus,

$$m_3 g - T/2 = m_3 (a_0 + a) \quad \text{.....(iv)}$$

We want to calculate a_0 , so we shall eliminate T and from (ii), (iii) and (iv)

Putting T from (ii) and (iii) and (iv),

$$a_0 - a = \frac{m_2 g - m_1 a_0 / 2}{m_2} = g - \frac{m_1 a_0}{2m_2}$$

and

$$a_0 + a = \frac{m_3 g - m_1 a_0 / 2}{m_3} = g - \frac{m_1 a_0}{2m_3}$$

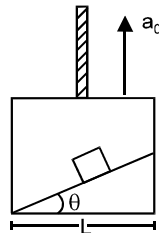
Adding
$$2a_0 = 2g - \frac{m_1 a_0}{2} \left(\frac{1}{m_2} + \frac{1}{m_3} \right)$$

or,
$$a_0 = g - \frac{m_1 a_0}{4} \left(\frac{1}{m_2} + \frac{1}{m_3} \right)$$

or,
$$a_0 \left[1 + \frac{m_1}{4} \left(\frac{1}{m_2} + \frac{1}{m_3} \right) \right] = g$$

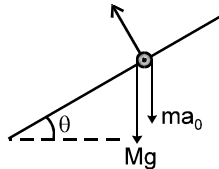
or,
$$a_0 = \frac{g}{1 + \frac{m_1}{4} \left(\frac{1}{m_2} + \frac{1}{m_3} \right)}$$

10. A particle slides down a smooth inclined plane of elevation θ fixed in an elevator going up with an acceleration a_0 (figure). The base of the incline has a length L . Find the time taken by the particle to reach the bottom.



- Sol.** Let us work in the elevator frame. A pseudo force ma_0 in the downward direction is to be applied on the particle of mass m together with the real forces. Thus, the forces on m are (figure)

- (i) N normal force,
- (ii) mg downward (by the earth),
- (iii) ma_0 downward (pseudo)



Let a be the acceleration of the particles with respect to the incline. Taking components of the forces parallel to the incline and applying Newton's law,

$$mg \sin \theta + ma_0 \sin \theta = ma$$

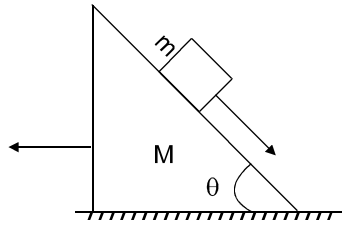
or,
$$a = (g + a_0) \sin \theta$$

This is the acceleration with respect to the elevator. In this frame, the distance travelled by the particle is $L / \cos \theta$. Hence,

$$\frac{L}{\cos \theta} = \frac{1}{2} (g + a_0) \sin \theta \cdot t^2$$

or,
$$t = \left[\frac{2L}{(g + a_0) \sin \theta \cos \theta} \right]^{\frac{1}{2}}$$

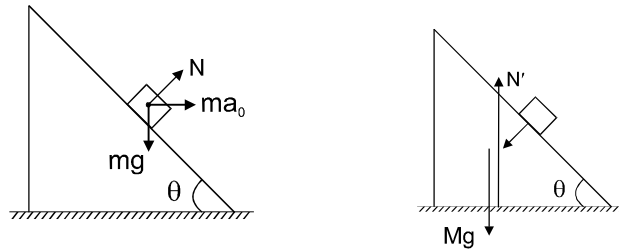
11. All the surface shown in figure are assumed to be frictionless. The block of mass m slides on the prism which in turn slides backward on the horizontal surface. Find the acceleration of the smaller block with respect to the prism.



Sol. Let the acceleration of the prism be a_0 in the backward direction. Consider the motion of the smaller block from the frame of the prism.

The forces on the block are (figure 5-W15a)

- (i) N normal force,
- (ii) mg downward (gravity)
- (iii) ma_0 forward (pseudo)



The block slides down the plane. Components of the forces parallel to the incline give

$$ma_0 \cos \theta + mg \sin \theta = ma$$

$$\text{or, } a = a_0 \cos \theta + g \sin \theta \quad \dots(i)$$

Components of the force perpendicular to the incline give

$$N + ma_0 \sin \theta = mg \cos \theta \quad \dots(ii)$$

Now consider the motion of the prism from the lab frame. No pseudo force is needed as the frame used is inertial. The forces are (Figure 5-w15b)

- (i) Mg downward,
- (ii) N normal to the incline (by the block),
- (iii) N' upward (by the horizontal surface)

Horizontal components give

$$N \sin \theta = Ma_0 \quad \text{or} \quad N = Ma_0 / \sin \theta \quad \dots(iii)$$

Putting in (ii)

$$\frac{ma_0}{\sin \theta} + ma_0 \sin \theta = mg \cos \theta$$

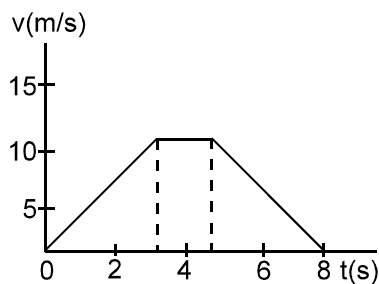
$$\text{or, } a_0 = \frac{mg \sin \theta \cos \theta}{M + m \sin^2 \theta}$$

$$\text{From (i), } a = \frac{mg \sin \theta \cos^2 \theta}{M + m \sin^2 \theta} + g \sin \theta = \frac{(M+m)g \sin \theta}{M + m \sin^2 \theta}$$

EXERCISE

- A block of mass 2 kg placed on a long frictionless horizontal table is pulled horizontally by a constant force F . It is found to move 10m in the first two seconds. Find the magnitude of F .
एक लम्बी घर्षणरहित क्षेतिज टेबल पर रखा हुआ 2 किग्रा द्रव्यमान का एक ब्लॉक, क्षेतिज दिशा में F बल से खींचा जा रहा है। यह पहले दो सेकण्ड में 10 m मी. विस्थापित होता है। F का परिमाण ज्ञात करिये।
[Ans : 10 N]
- A car moving at 40 km/h is to be stopped by applying brakes in the next 4.0 m .If the car weights 2000 kg, what average force must be applied on it ?
40 किमी/घण्टा की चाल से गतिशील एक कार को ब्रेक लगाकर अगली 4.0 मी. दूरी में रोकना है। यदि कार का भार 2000 किग्रा. है, तो इस पर लगाया गया औसत बल कितना है ?
[Ans : 3.1×10^4 N]

3. In a TV picture tube electrons are ejected from the cathode with negligible speed and reach a velocity of 5×10^6 m/s in travelling one centimeter. Assuming straight line motion, find the constant force exerted on the electron. The mass of the electron is 9.1×10^{-31} kg.
टीवी की पिक्चर ट्यूब में कैथोड से उत्सर्जित इलेक्ट्रॉनों की चाल नगण्य होती है, तथा एक सेन्टीमीटर चलने पर इनका वेग 5×10^6 मी./से. हो जाता है। गति सरल रेखीय मानते हुए इलेक्ट्रॉन पर लगने वाला नियत बल ज्ञात करिये। इलेक्ट्रॉन का द्रव्यमान 9.1×10^{-31} किग्रा है।
[Ans : 1.1×10^{-15} N]
4. A block of mass 0.2 kg is suspended from the ceiling by a light string. A second block of mass 0.3 kg is suspended from the first block through another string. Find the tensions in the two string joining the blocks.
0.2 किग्रा. द्रव्यमान का पिण्ड एक हल्कीडोरी की सहायता से छत से लटकाया गया है। एक अन्य डोरी की सहायता से 0.3 किग्रा. द्रव्यमान का एक दूसरा पिण्ड, पहले पिण्ड से लटकाया गया है। दोनों डोरियों में तनाव ज्ञात करिये।
($g = 10$ मी./से.²)
[Ans : 5 N & 3N]
5. Two blocks of equal mass m are tied to each other through a line string. One of the blocks is pulled along the line joining them with a constant force F . Find the tension in the string joining the blocks.
समान द्रव्यमान m के दो ब्लॉक एक दूसरे से भारहीन डोरी की सहायता से बांधे गये हैं। इनमें से एक ब्लॉक को इनको मिलाते वाली रेखा के अनुदिश नियत बल F से खींचा जाता है। दोनों ब्लॉकों को जोड़ने वाली डोरी में तनाव ज्ञात करिये।
Ans : $F/2$
6. A particle of mass 50 g moves on a straight line. The variation of speed with time is shown in figure. Find the force acting on the particle at $t = 2, 4$ and 6 seconds.
50 ग्राम द्रव्यमान का एक कण सरल रेखा के अनुदिश गतिशील है। समय के साथ इसकी चाल में परिवर्तन चित्रा में प्रदर्शित है। $t = 2, 4$ तथा 6 सेकण्ड पर कण पर लग रहा बल ज्ञात करिये।



[Ans : 0.25 N along the motion , zero and 0.25 N opposite to the motion]

7. Two blocks A and B of mass m_A and m_B respectively are kept in contact on a frictionless table. The experimenter pushes the block A from behind so that the blocks accelerate. If the block A exerts a force F on the block B, what is the force exerted by the experimenter on A?
 m_A तथा m_B द्रव्यमान के दो ब्लॉक A तथा B एक दूसरे के सम्पर्क में एक घर्षणरहित टेबल पर रखे हुए हैं। प्रयोगकर्ता ब्लॉक A के पीछे से धकेलता है, जिससे ब्लॉक त्वरित होते हैं। यदि ब्लॉक A ब्लॉक B पर F बल लगाता है तो प्रयोगकर्ता द्वारा ब्लॉक A पर लगाया गया बल कितना है ?

Ans : $F \left(1 + \frac{m_1}{m_2} \right)$

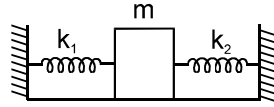
8. Raindrops of radius 1 mm and mass 4 mg are falling with a speed of 30 m/s on the head of a bald person. The drops splash on the head and come to rest. Assuming equivalently that the drops cover a distance equal to their radii on the head, estimate the force exerted by each drop on the head.
1 मिमी. त्रिज्या तथा 4 मिग्रा. द्रव्यमान की वर्षा की बूंदें एक गंजे व्यक्ति के सिर पर 30 मी/से. चाल से गिर रही हैं। बूंदें सिर पर फैलकर विरामावस्था में आ जाती हैं। यदि यह माना जाये कि समस्त बूंदें सिर पर उनकी त्रिज्या के बराबर स्थान घेरती हैं तो प्रत्येक बूंद द्वारा सिर पर लगाया गया बल ज्ञात करिये।

Ans : 1.8 N

9. A particle of mass 0.3 kg is subjected to a force $F = -kx$ with $k = 150$ N/m. What will be its initial acceleration if it is released from a point $x = 20$ cm?
0.3 किग्रा द्रव्यमान के एक कण पर एक बल $F = -kx$ ($k = 150$ न्यूटन/मी.) लगाया गया है। यदि इसका बिन्दु $x = 20$ सेमी से छोड़ा जाये तो इसका आरम्भिक त्वरण कितना होगा ?

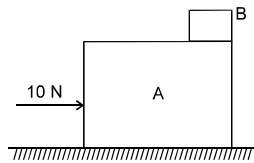
Ans : 10 m/s^2]

10. Both the springs shown in figure are unstretched. If the block is displaced by a distance x and released, what will be initial acceleration.
चित्रा में प्रदर्शित की गई दोनों स्प्रिंगें बिना खींची हुई हैं। यदि ब्लॉक को x दूरी तक विस्थापित करके छोड़ दिया जाये तो प्रारम्भिक त्वरण कितना होगा ?



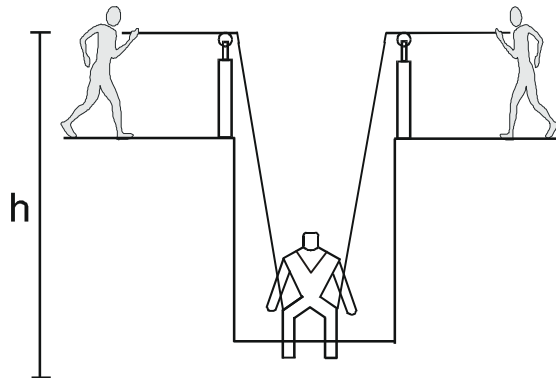
[Ans : $(k_1 + k_2) \frac{x}{m}$ opposite to the displacement]

11. A small block B is placed on another block A of mass 5 kg and length 20 cm. Initially the block B is near the right end of block A (figure). A constant horizontal force of 10 N is applied to the block A. All the surfaces are assumed frictionless. Find the time elapsed before the block B separates from A. **HCV_Ch-5_Ex._11**
एक गुटके B को 5 kg द्रव्यमान तथा 20 cm लम्बाई वाले दूसरे गुटके A पर रखा जाता है। प्रारम्भ में गुटका B, गुटके A के दायी ओर अन्तिम सिरे पर रखा है। (चित्रानुसार)। गुटके A पर 10 N का एक क्षैतिज नियत बल लगाया जाता है। सभी सतहों को घर्षणहीन मानें। गुटके B के, गुटके A से अलग होने से पूर्व लगे समय की गणना कीजिए।



Ans. 0.45 s

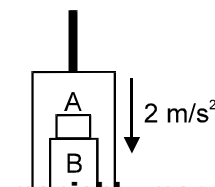
12. A man has fallen into a ditch of width d and two of his friends are slowly pulling him out using a light rope and two fixed pulleys as shown in figure. Show that the force (assumed equal for both the friends) exerted by each friend on the rope increases as the man moves up. Find the force when the man is at a depth h .
एक आदमी d चौड़ाई की एक खाई में गिर जाता है और उसके दो दोस्त उसे धीरे-धीरे हल्की रस्सी द्वारा ऊपर की ओर खींच रहे हैं। सिद्ध कीजिए कि हर दोस्त द्वारा लगाया गया बल (दोनों दोस्तों के लिए समान मानिए) का मान जैसे-जैसे आदमी ऊपर जाता है, बढ़ता जाता है। बल का मान बताइये जब वह h गहराई पर है। **HCV_Ch-5_Ex._12**



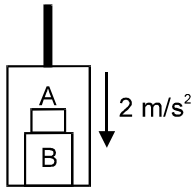
[Ans : $\frac{mg}{4h} \sqrt{d^2 + 4h^2}$]

13. The elevator shown in figure is descending with an acceleration of 2 m/s^2 . The mass of the block A is 0.5 kg. What force is exerted by the block A on the block B ? Solve the problem taking (a) ground as the frame (b) lift as the frame. **[HCV_Q. 13_chapter_5]**

चित्रा में प्रदर्शित लिफ्ट नीचे की ओर 2 मी./से.^2 त्वरण से गतिशील है। ब्लॉक A का द्रव्यमान 0.5 किग्रा है। ब्लॉक A के द्वारा ब्लॉक B लगाया गया बल कितना है ? Solve the problem taking (a) ground as the frame (b) lift as the frame.



Sol.



$$m_A = 0.5 \text{ kg}$$

(a) in ground frame

$$mg - N = m \times 2$$

$$\therefore N = 0.5 (10 - 2)$$

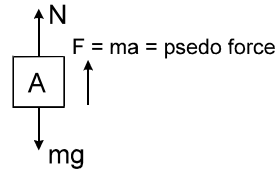
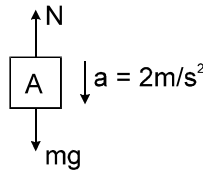
$$N = 4 \text{ Newton}$$

(b) in lift frame

net force zero

$$\Rightarrow N + mg = ma$$

$$\therefore N = 4 \text{ newtons}$$

[Ans : 4 N]

14. A pendulum bob of mass 50 g is suspended from the ceiling of an elevator. Find the tension in the string if the elevator (a) goes up with acceleration 1.2 m/s^2 , (b) goes up with deceleration 1.2 m/s^2 (c) goes up with uniform velocity, (d) goes down with acceleration 1.2 m/s^2 , (e) goes down with deceleration 1.2 m/s^2 and (f) goes down with uniform velocity.

एक लिफ्ट की छत से लटकाये गये सरल लोलक के बॉब का द्रव्यमान 50 ग्राम है। डोरी का तनाव ज्ञात करिये यदि लिफ्ट (a) ऊपर की ओर 1.2 मी./से.^2 त्वरण से जा रही है। (b) ऊपर की ओर 1.2 मी./से.^2 अवमंदन से जा रही है। (c) ऊपर की ओर एक समानवेग से जा रही है। (d) नीचे की ओर 1.2 मी./से.^2 त्वरण से जा रही है। (e) नीचे की ओर 1.2 मी./से.^2 अवमंदन से जा रही है। (f) नीचे की ओर एक समान वेग से जा रही है।

[Ans : (a) 0.55 N (b) 0.43 N (c) 0.49 N (d) 0.43 N (e) 0.55 N (f) 0.49 N]

15. A person is standing on a weighing machine placed on the floor of an elevator. The elevator starts going up with some acceleration, moves with uniform velocity for a while and finally decelerates to stop. The maximum and the minimum weights recorded are 72 kg and 60 kg. Assuming that the magnitudes of the acceleration and the deceleration are the same, find (a) the true weight of the person and (b) the magnitude of the acceleration. Take $g = 9.9 \text{ m/s}^2$.

किसी लिफ्ट की फर्श पर रखी भार मशीन पर एक व्यक्ति खड़ा है। लिफ्ट कुछ त्वरण से ऊपर जाना प्रारम्भ करती है तथा कुछ समय एक समान वेग से चलती है। अन्त में मंदित होकर रुक जाती है। मशीन का अधिकतम व न्यूनतम पाठयांक 72 kg तथा 60 kg है। त्वरण और मंदन का परिमाण एक समान मानते हुए ज्ञात करो। (a) आदमी का सही भार। (b) त्वरण का परिमाण। Take $g = 9.9 \text{ m/s}^2$.

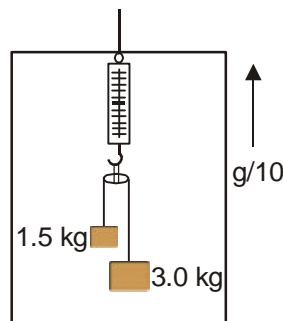
HCV_Ch-5_Ex_15

[Ans : 66 kg and 0.9 m/s]

16. Find the reading of the spring balance as shown in figure (5-E6). The elevator is going up with an acceleration of $g/10$, the pulley and the string are light and the pulley is smooth.

चित्रा में दर्शाए अनुसार स्प्रिंग-तुला का पाठयांक बताइए। लिफ्ट ऊपर की ओर $g/10$ त्वरण से जा रही है। पुली तथा रस्सी हल्की है तथा पुली चिकनी है।

HCV_Ch-5_Ex_16



[Ans : 4.4 kg]

17. A block of 2 kg is suspended from the ceiling through a massless spring of spring constant $k = 100 \text{ N/m}$. What is the elongation of the spring? If another 1 kg. is added to the block, what would be the further elongation?

$k = 100 \text{ न्यूटन/मी.}$ बल नियतांक की भारहीन स्प्रिंग की सहायता से 2 किग्रा. द्रव्यमान का एक ब्लॉक छत से लटकाया गया है। स्प्रिंग का प्रसार कितना है? यदि 1 किग्रा. भार का एक अन्य ब्लॉक और लटका दिया जाये तो स्प्रिंग के प्रसार में कितनी वृद्धि होगी?

Ans : 0.2 m and 0.1 m

18. Suppose the ceiling in the previous problem is that of an elevator which is going up with an acceleration of 2.0 m/s^2 . Find the elongations.

यदि पिछले प्रश्न में छत एक लिफ्ट की है, जो कि ऊपर की ओर 2.0 मी./से.^2 त्वरण से गतिशील है। प्रसार का मान ज्ञात करिये।

Ans : 0.24 m, 0.12 m

19. The force of buoyancy exerted by the atmosphere on a balloon is B in the upward direction and remains constant. The force of air resistance on the balloon acts opposite to the direction of velocity and is proportional to it. The balloon carries a mass M and is found to fall down near the earth's surface with a constant velocity v . How much mass should be removed from the balloon so that it may rise with a constant velocity v ?

एक गुब्बारे B पर वायुमण्डल के कारण उत्प्लावन बल नियत परिमाण का तथा ऊपर की ओर लगता है। गुब्बारे पर वायु के कारण घर्षण बल इसकी गति की दिशा के विपरीत तथा वेग के समानुपाती होता है। गुब्बारे में M द्रव्यमान है तथा यह पृथ्वी की सतह से समीप नियत वेग v से गिर रहा है। गुब्बारे से कितना द्रव्यमान कम किया जाये जिससे कि यह नियत वेग v से ऊपर की ओर उठने लगे?

Ans : $2\left(M - \frac{B}{g}\right)$

20. An empty plastic box of mass m is found to accelerate up at the rate of $g/6$ when placed deep inside water. How much sand should be placed inside the box so that it may accelerate down at the rate of $g/6$.

m द्रव्यमान का प्लास्टिक का एक खाली डिब्बा जब पानी में गहरा डुबा कर छोड़ दिया जाता है तो $g/6$ त्वरण से ऊपर की ओर आता है। डिब्बे में कितनी रेत भर दी जाये कि यह नीचे की ओर $g/6$ त्वरण से त्वरित हो ?

Ans : $2m/5$

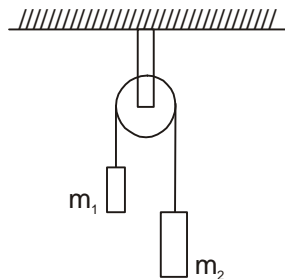
21. A force $\vec{F} = \vec{v} \times \vec{A}$ is exerted on a particle in addition to the force of gravity, where \vec{v} is the velocity of the particle and \vec{A} is a constant vector in the horizontal direction. With what minimum speed a particle of mass m be projected so that it continues to move undeflected with a constant velocity.

एक कण पर गुरुत्वयी बल के अतिरिक्त एक अन्य बल $\vec{F} = \vec{v} \times \vec{A}$ लग रहा है, यहाँ \vec{v} कण का वेग तथा \vec{A} क्षैतिज दिशा में नियत सदिश है। m द्रव्यमान के कण को न्यूनतम किस चाल से प्रक्षेपित किया जाये कि वह विचलित हुए बिना नियत वेग से गति करता रहे ?

Ans : mg/A

22. In a simple Atwood machine, two unequal masses m_1 and m_2 are connected by a string going over a clamped light smooth pulley. In a typical arrangement (figure) $m_1 = 300 \text{ g}$ and $m_2 = 600 \text{ g}$. The system is released from rest. (a) Find the distance travelled by the first block in the first two seconds. (b) Find the tension in the string. (c) Find the force exerted by the clamp on the pulley. [HCV_Ex.22]

एक सामान्य एटवुड (Atwood) मशीन में घर्षण रहित एवं स्थिर धिरनी पर एक भारहीन डोरी की सहायता से दो असमान द्रव्यमान m_1 तथा m_2 लटकाए जाते हैं। चित्रा में प्रदर्शित एक विशिष्ट व्यवस्था में $m_1 = 300$ ग्राम तथा $m_2 = 600$ ग्राम है। निकाय को विरामावस्था से छोड़ा जाता है। (a) प्रारम्भिक दो सेकण्डों में प्रथम ब्लॉक द्वारा तय की गई दूरी ज्ञात करिये। (b) डोरी में तनाव ज्ञात करिये (c) क्लेम्प के द्वारा धिरनी पर लगाया गया बल ज्ञात करिये।



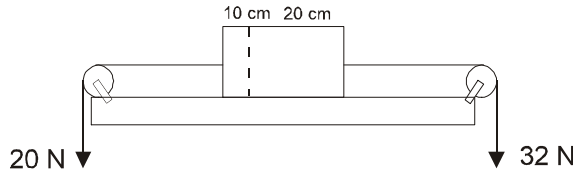
Ans : (a) 6.5 m (b) 3.9 N (c) 7.8 N

23. Consider the Atwood machine of the previous problem. The larger mass is stopped for a moment at 2.0 s after the system is set into motion. Find the time elapsed before the string is tight again.

पिछले प्रश्न की एटवुड मशीन व्यवस्था लिजिए, भारी वाले द्रव्यमान को गति प्रारम्भ होने के 2.0 सेकण्ड क्षण भर के लिए रोका जाता है। उस लिये गये समय का मान बताइए जब रस्सी में दुबारा तनाव आ जाता है।

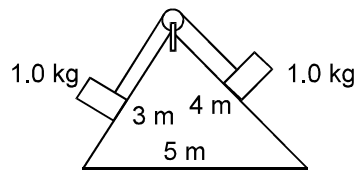
Ans : $2/3 \text{ s}$

24. Figure shows a uniform rod of length 30 cm having a mass of 3.0 kg. The strings shown in the figure are pulled by constant forces of 20 N and 32 N. Find the force exerted by the 20 cm part of the rod on the 10 cm part. All the surfaces are smooth and the strings and the pulleys are light. **HCV_Ch-5_Ex._24**
 चित्रा में दिखाई गई 30 cm लम्बाई वाली एक समरूप छड़ का द्रव्यमान 3.0 kg है। चित्रा में दिखाई गई रस्सियों को क्रमशः 20 N तथा 32 N के बल से खींचा जाता है। 20 cm वाले भाग द्वारा 10 cm वाले भाग पर लगाए गए बल का मान ज्ञात कीजिए। सभी सतह को चिकना मानें तथा रस्सी तथा पुली को हल्का मानें।



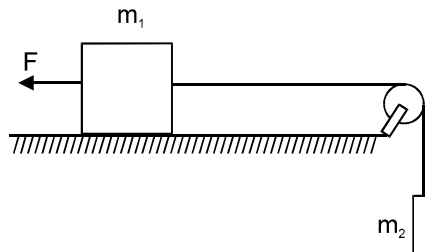
[Ans : 24 N]

25. Consider the situation shown in figure. All the surface are frictionless and the string and the pulley are light. Find the magnitude of the acceleration of the two blocks.
 चित्रा में प्रदर्शित व्यवस्था पर विचार करिये। समस्त सतहें घर्षण रहित हैं तथा डोरियाँ एवं घिरनियाँ भारहीन हैं। दोनों ब्लॉकों के त्वरण का परिमाण ज्ञात करिये।



[Ans : $g/10$]

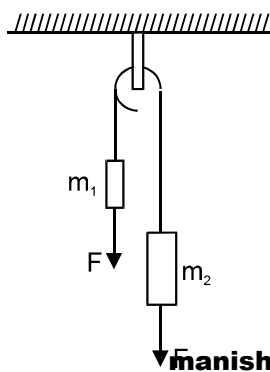
26. A constant force $F = m_2g/2$ is applied on the block of mass m_1 as shown in figure. The string and the pulley are light and the surface of the table is smooth. Find the acceleration of m_1 .
 चित्रानुसार m_1 द्रव्यमान के ब्लॉक पर एक नियत बल $F = m_2g/2$ लग रहा है। डोरी तथा घिरनी भारहीन हैं तथा टेबिल की सतह घर्षण रहित है। m_1 का त्वरण ज्ञात करिये।



Sol. $a = \frac{\text{Net driving force}}{\text{Total mass}}$

$$a = \frac{m_2g - F}{m_1 + m_2} \Rightarrow a = \frac{m_2g}{2(m_1 + m_2)} \text{ toward right. } \mathbf{Ans}$$

27. In figure $m_1 = 5$ kg, $m_2 = 2$ kg and $F = 1$ N. Find the acceleration of either block. Describe the motion of m_1 , if the string breaks but F continues to act.
 चित्रा में प्रदर्शित $m_1 = 5$ किग्रा, $m_2 = 2$ किग्रा. तथा $F = 1$ न्यूटन है। किसी भी ब्लॉक का वर्ण ज्ञात करिये। यदि डोरी टूट जाती है किन्तु F निरन्तर लगता रहता है, तो m_1 की गति की व्याख्या करिये।



[Ans : 4.3 m/s^2 , moves downward with acceleration $g + 0.2 \text{ m/s}^2$]

Sol. $a = \frac{(m_1 g + F) - (m_2 g + F)}{m_1 + m_2} = \frac{3}{7} \times 10 = 4.3 \text{ m/s}^2$

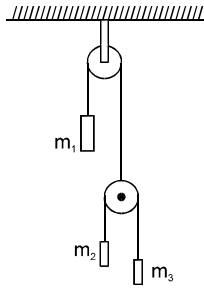
when string breaks

$$a = \frac{m_1 g + F}{m_1} = g + 0.2 = 10.2 \text{ m/s}^2 \text{ downward.}$$

- 28.** Let $m_1 = 1 \text{ kg}$, $m_2 = 2 \text{ kg}$ and $m_3 = 3 \text{ kg}$ in figure shown. Find the acceleration of m_1 , m_2 and m_3 . The string from the upper pulley to m_1 is 20 cm when the system is released from rest. How long will it take before m_1 strikes the pulley ?

HCV_Ch-5_Ex._28

चित्रा में दिखाए गए $m_1 = 1 \text{ kg}$, $m_2 = 2 \text{ kg}$ तथा $m_3 = 3 \text{ kg}$ मानिए। m_1 , m_2 तथा m_3 का त्वरण बताइये। ऊपर वाली पुली से m_1 के बीच की दूरी 20 cm है जब निकाय को विराम से छोड़ा जाता है। m_1 पुली से टकराने में कितना समय लेगा ?



[Ans : $\frac{19}{29} g$ (up), $\frac{17}{29} g$ (down), $\frac{21}{29} g$ (down), 0.25 s]

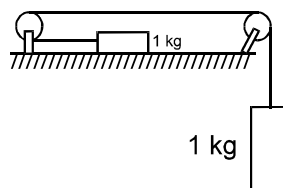
- 29.** In the previous problem suppose $m_2 = 2.0 \text{ kg}$ and $m_3 = 3.0 \text{ kg}$. What should be the mass m so that it remains at rest ?

पिछले प्रश्न में माना कि $m_2 = 2.0 \text{ किग्रा}$ तथा $m_3 = 3.0 \text{ किग्रा}$ m_1 का मान कितना हो कि यह विरामावस्था में बना रहे।

Ans : 4.8 kg

- 30.** Calculate the tension in the string shown in figure $\frac{u^2 \cos^2 \theta}{g \cos^3(\theta/2)}$. The pulley and the string are light and all the surfaces are frictionless. Take $g = 10 \text{ m/s}^2$.

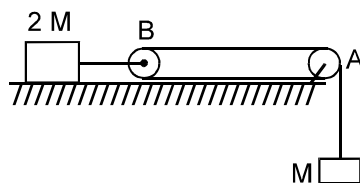
चित्रा में प्रदर्शित डोरी में तनाव की गणना करिये। घिरनी तथा डोरी भारहीन है तथा घिरनियाँ घर्षण रहित है। $g = 10 \text{ मी./से.}^2$



[Ans : 5 N]

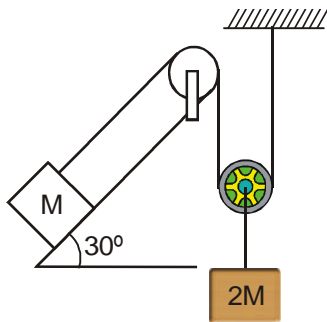
- 31.** Calculate the situation shown in figure. Both the pulleys and the string are light and all the surfaces are frictionless. (a) Find the acceleration of the mass M . (b) Find the tension in the string. (c) Calculate the force exerted by the clamp on the pulley A in the figure.

चित्रा में प्रदर्शित स्थिति परविचार करिये। दोनों घिरनियाँ तथा डोरियाँ भारहीन है तथा समस्त सतहें घर्षण रहित है। (a) M द्रव्यमान का त्वरण ज्ञात करिये। (b) डोरी में तनाव ज्ञात करिये। (c) क्लेम्प के द्वारा घिरनी A पर लगाया गया बल ज्ञात करिये।



[Ans : (a) $2g/3$ (b) $Mg/3$ (c) $\sqrt{2} Mg/3$ at an angle of 45° with the horizontal]

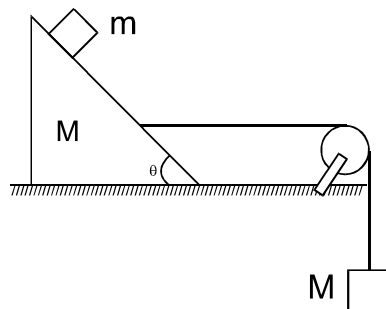
32. Find the acceleration of the block of mass M in the situation shown in figure. All the surfaces are frictionless and the pulleys and the string are light. **HCV_Ch-5_Ex._32**
 चित्रा में दिखाए गई स्थिति में M द्रव्यमान वाले गुटके का त्वरण बताइये। सभी सतह घर्षणहीन हैं और पुली तथा रस्सी द्रव्यमानहीन हैं।



[Ans : $g/3$ up the plane]

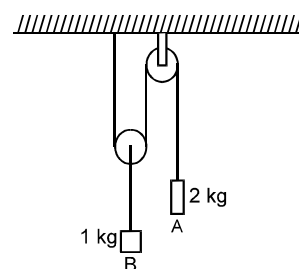
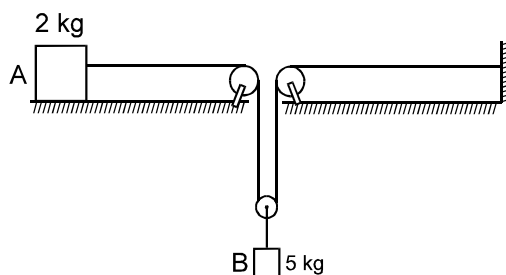
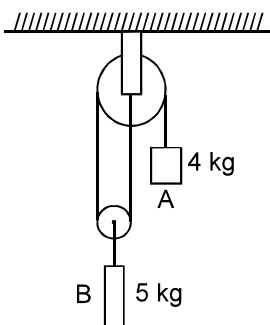
33. Find the mass M of the hanging block in figure which will prevent the smaller block from slipping over the triangular block. All the surface are frictionless and the string and the pulleys are light.
 चित्रा में दिखाए M द्रव्यमान वाले गुटके का मान बताइये ताकि यह छोटे गुटके को त्रिकोणीय गुटके पर फिसलने से रोक सके। सभी सतह घर्षणहीन तथा डोरी तथा पुली हल्के हैं।

HCV_Ch-5_Ex._33



[Ans : $\frac{M+m}{\cot \theta - 1}$]

34. Find the acceleration of the blocks A and B in the three situations shown in figure.
 चित्रा में प्रदर्शित निम्न तीन परिस्थितियों के लिये ब्लॉकों A तथा B के त्वरण ज्ञात करिये।



[Ans : (a) $\frac{2}{7}g$ downward , $\frac{9}{7}g$ upward

(b) $\frac{10}{13}g$ forward , $\frac{5}{13}g$ downward

(c) $\frac{2}{3}g$ downward , $\frac{9}{3}g$ upward]

Sol. (a) For A :

$$4g - T = 4a \quad \dots\dots\dots(i)$$

For B :

$$2T - 5g = 5\left(\frac{a}{2}\right) \quad \dots\dots\dots(ii)$$

Solving (i) & (ii)

$$\text{Acceleration of A} = a = \frac{2}{7}g \text{ downward}$$

$$\text{Acceleration of B} = \frac{a}{2} = \frac{1}{7}g \text{ upwards.}$$

(b) For A :

$$T = 2a \quad \dots\dots\dots(i)$$

For B :

$$5g - 2T = 5\left(\frac{a}{2}\right) \quad \dots\dots\dots(ii)$$

Solving (i) & (ii)

$$\text{Acceleration of A} = a = \frac{10}{13}g \text{ Rightwards}$$

$$\text{Acceleration of B} = \frac{a}{2} = \frac{5}{13}g \text{ downward.}$$

(c) For A :

$$2g - T = 2a \quad \dots\dots\dots(i)$$

For B :

$$2T - 1g = \left(\frac{a}{2}\right) \quad \dots\dots\dots(ii)$$

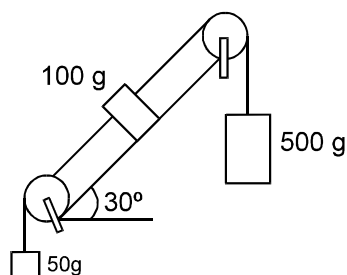
Solving (1) & (2)

$$\text{Acceleration of A} \Rightarrow a = \frac{2}{3}g \downarrow (\text{downward})$$

$$\text{Acceleration of B} = \frac{g}{3} \uparrow (\text{upward}).$$

35. Find the acceleration of the 500 g block in figures.

चित्रा में प्रदर्शित 500 ग्राम द्रव्यमान के ब्लॉक का त्वरण ज्ञात करिये।



$$[\text{Ans} : \frac{8}{13}g \text{ downward}]$$

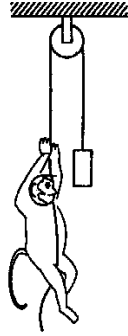
36. A monkey of mass 15 kg is climbing on a rope with one end fixed to the ceiling. If it wishes to go up with an acceleration of 1 m/s^2 , how much force should it apply to the rope? If the rope is 5m long and the monkey starts from rest, how much time will it take to reach the ceiling?

एक सिरे से छत से लटकी हुई रस्सी पर 15 किग्रा द्रव्यमान का एक बन्दर चढ़ रहा है। यदि वह ऊपर की ओर 1 मी./से.^2 त्वरण से चढ़ना चाहता है, तो वह रस्सी पर कितना बल लगायेगा? यदि रस्सी की लम्बाई 5 मी. है तथा बन्दर विरामावस्था से गति प्रारम्भ करता है, तो उसको छत तक पहुँचने में कितना समय लगेगा?

$$[\text{Ans} : 165 \text{ N}, \sqrt{10} \text{ s}]$$

37. A monkey is climbing on a rope that goes over a smooth light pulley and supports a block of equal mass at the other end (figure). Show that whatever force the monkey exerts on the rope, the monkey and the block move in the same direction with equal acceleration. If initially both were at rest, their separation will not change as time passes.

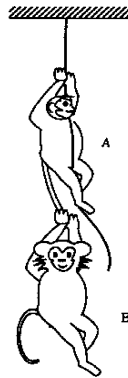
घर्षण रहित एवं भारहीन धिरनी से एक रस्सी गुजर रनही है जिसके एक सिरे पर बन्दर चढ़ रहा है तथा दूसरे सिरे पर समान द्रव्यमान का एक ब्लॉक लटक रहा है। (चित्रा) व्यक्त करिये कि बन्दर चाहे कितना ही बल लगाये, परन्तु बन्दर तथा ब्लॉक एक ही दिशा में समान त्वरण से गतिशील होंगे। यदि प्रारम्भ में दोनों विरामावस्था में थे, तो उनके मध्य का अन्तर समय के साथ परिवर्तित नहीं होगा।



38. The monkey B shown in figure is holding on to the tail of the monkey A which is climbing on a rope. The masses of the monkeys A and B are 5 kg and 2 kg respectively. If A can tolerate a tension of 30 N in its tail, what force should it apply on the rope in order to carry the monkey B with it? Take $g = 10 \text{ m/s}^2$.

[HCV_Ch-5_Ex._38]

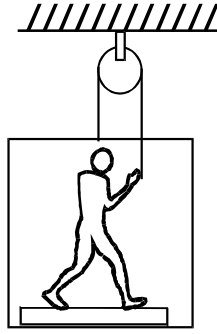
चित्रा में दिखाए गए बन्दर B ने बन्दर A की पूंछ को पकड़ रखा है जो कि ऊपर की ओर चढ़ रहा है। A तथा B के द्रव्यमान क्रमशः 5 kg तथा 2 kg हैं। अगर A अपनी पूंछ में 30 N तक का तनाव सहन कर सकता है तो यह बन्दर रस्सी पर कितना बल लगाए ताकि वह बन्दर B को अपने साथ ले जा सके? $g = 10 \text{ m/s}^2$ लें।



[Ans : Between 70 N and 105 N]

39. Figure shows a man of mass 60 kg standing on a light weighing machine kept in a box of mass 30 kg. The box is hanging from a pulley fixed to the ceiling through a light rope, the other end of which is held by the man himself. If the man manages to keep the box at rest, what is the weight shown by the machine? What force should be exerted on the rope to get his correct weight on the machine?

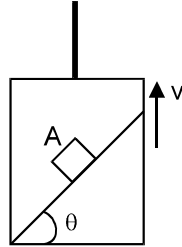
चित्रा में प्रदर्शित किया गया है कि 60 किग्रा. द्रव्यमान का एक व्यक्ति भार तोलने की मशीन पर खड़ा है, यह मशीन 30 किग्रा. द्रव्यमान के एक बॉक्स में रखी है तथा यह बॉक्स एक धिरनी से गुजरने वाली भारहीन रस्सी के एक सिरे से लटक रहा है, जिसका दूसरा सिरा स्वयं व्यक्ति ने पकड़ रखा है। धिरनी छत पर लटक रही है। यदि व्यक्ति बॉक्स को विरामावस्था में बनाये रखता है, तो मशीन द्वारा दर्शाया गया उसका भार कितना है? वह रस्सी पर कितना बल लगाये, जिससे मशीन उसका वास्तविक भार प्रदर्शित करे?



[Ans : 15 kg , 1800 N]

40. A block A can slide on a frictionless incline of angle θ and length ℓ , kept inside an elevator going up with uniform velocity v (figure). Find the time taken by the block to slide down the length of the incline if it is released from the top of the incline.

ऊपर की ओर एक समान वेग v से गतिशील लिफ्ट में लम्बाई तथा θ झुकाव वाला घर्षण रहित नत तल रखा हुआ है, इस नत तल पर एक ब्लॉक A फिसल सकता है (चित्रा) यदि ब्लॉक को नत तल के शीर्ष बिन्दु से छोड़ा जाये तो इसको नत तल की सम्पूर्ण लम्बाई तक फिसलने में लगने वाला समय ज्ञात करिये।

[Ans : $\sqrt{\frac{2\ell}{g \sin \theta}}$]

41. A car is speeding up on a horizontal road with a constant acceleration a . Calculate in the following situations in the car. (i) A ball is suspended from the ceiling. Find the angle made by the string if the block & string remain static w.r. to car. (ii) A block is kept on a smooth fixed incline and does not slip on the fixed incline with the horizontal. **HCV_Ch-5_Ex_41**

एक कार क्षैतिज सड़क पर नियत त्वरण a से गति कर रही है। कार में निम्न स्थिति की कल्पना कीजिए।

(i) एक गेंद रस्सी द्वारा छत से लटक रही है। रस्सी द्वारा बनाए गए कोण का मान बताइए अगर गेंद तथा रस्सी कार के सापेक्ष स्थिर रहे।

(ii) एक चिकने स्थिर नततल पर एक गुटका रखा हुआ है और यह क्षैतिज से नततल पर नहीं फिसल रहा है।

[Ans : $\tan^{-1}(a/g)$ in each case]

42. A block is kept on the floor of an elevator at rest. The elevator starts descending with an acceleration of 12 m/s^2 . Find the displacement of the block during the first 0.2 s after the start. Take $g = 10 \text{ m/s}^2$.

एक गुटके को लिफ्ट के फर्श विराम पर रखा जाता है। लिफ्ट 12 m/s^2 के त्वरण से नीचे गिरना शुरू होती है। गति शुरू होने के प्रथम 0.2 s में गुटके का विस्थापन कितना होगा। ($g = 10 \text{ मी०/सैक०}^2$ लीजिए) **HCV_Ch-5_Ex_42**

[Ans : 20 cm]