एकाइ 7 · चाल र बल: गुरुत्वाकर्षण र गुरुत्व

उत्तरकुञ्जिका · शिक्षकका लागि

पूर्णाङ्क 33

अङ्क विभाजनमा दिइएका बुँदाका आधारमा अङ्क दिनुहोस्। फरक शब्दमा लेखिएको भए पनि उही कुरा भनेको उत्तर सही मानिन्छ।

1 मुख्य शब्द

ज्ञान · 4

1. गुरुत्वाकर्षण
2. गुरुत्वबल
3. G
4. क्याभेन्डिस
5. केन्द्र
6. गुरुत्व प्रवेग
7. ध्रुव
8. पिण्ड

प्रत्येकको 0.5 अङ्क।

2 चित्रको नामाङ्कन

ज्ञान · 3

1. काँचको नली
2. प्वाँख: हावाले ढिलो पार्छ
3. सिक्का
4. हावा झिकिएको (शून्य स्थान)
5. पम्प
6. सँगै खस्छन्

प्रत्येकको 0.5 अङ्क।

3 बहुवैकल्पिक प्रश्न

i. **क.** $F \propto 1/d^2$ — ज्ञान · 1

न्युटनको नियमअनुसार बल दुरीको **वर्गसँग** व्युत्क्रमानुपातिक हुन्छ।

ii. **ख.** बल चार गुणा बढ्छ। — बोध · 1

$F \propto m_1m_2$ भएकाले $2 \times 2 = 4$, अर्थात् बल 4 गुणा बढ्छ।

iii. **ख.** पृथ्वीको सतहबाट उचाइ बढ्दा गुरुत्व प्रवेगको मान घट्छ। — बोध · 1

h बढ्दा $g_1 = GM/(R+h)^2$ घट्छ। ध्रुवमा g **बढी** हुन्छ र सबैभन्दा अग्लो ठाउँमा **सबैभन्दा कम** हुन्छ। गहिराइमा जाँदा: विद्यालयमा पढाइने सरल नमुनाअनुसार सतहमुनि पनि g घट्छ। (अचम्मको कुरा: वास्तविक पृथ्वीको केन्द्रभाग चट्टानी बाहिरी तहभन्दा धेरै घना भएकाले तल जाँदा केन्द्रभागसम्म नपुगुन्जेल g अलिकति बढ्छ। तर यहाँ अपेक्षित उत्तर दोस्रो विकल्प नै हो।)

iv. **ग.** 200 N — प्रयोग · 1

अर्धव्यास बराबरको उचाइमा वस्तु केन्द्रबाट 2R दुरीमा पुग्छ। तौल ∝ $1/d^2$ भएकाले तौल $800 \div 2^2 = 200$ N हुन्छ।

v. **ख.** $4.9\ m/s^2$ — प्रयोग · 1

$g = GM/R^2$: पिण्ड × 2 र अर्धव्यास^2 × 4 भएकाले $g \times 2/4 = ½ \times 9.8 =$ **$4.9\ m/s^2$**।

4 अति छोटो उत्तर

क. **अङ्क विभाजन** — ज्ञान · 1

✓ केन्द्रबिच 1 m दुरी भएका 1 kg का दुई पिण्डबिचको गुरुत्वाकर्षण बल भनी लेखेमा।

ख. **अङ्क विभाजन** — ज्ञान · 1

✓ $N\ m^2/kg^2$ लेखेमा।

ग. **अङ्क विभाजन** **बोध · 1**

✓ स्वतन्त्र रूपले खसिरहेको वस्तुको वेग हरेक सेकेन्डमा 9.8 m/s ले बढ्छ भनी लेखेमा।

5 छोटो उत्तर

क. **अङ्क विभाजन** **बोध · 2**

✓ कुनै एउटा फरक, जस्तै: G 1 m टाढा राखिएका 1 kg का दुई पिण्डबिचको बल हो; g स्वतन्त्र रूपले खसिरहेको वस्तुमा गुरुत्वबलले उत्पन्न गर्ने प्रवेग हो, लेखेमा।

✓ अर्को कुनै फरक, जस्तै: G को मान ब्रह्माण्डमा जतातते उही हुन्छ (एकाइ $N\ m^2/kg^2$); g को मान ठाउँअनुसार बदलिन्छ (एकाइ m/s^2), लेखेमा।

ख. **अङ्क विभाजन** **बोध · 2**

✓ $g = GM/R^2$ मा g पिण्डसँगै अर्धव्यासको वर्गमा पनि भर पर्छ भनी लेखेमा।

✓ बृहस्पतिको अर्धव्यास पृथ्वीको करिब 11 गुणा हुनाले R^2 121 गुणा हुन्छ र g $319 \div 121 \approx 2.6$ गुणा मात्र हुन्छ भनी देखाएमा।

ग. **अङ्क विभाजन** **बोध · 2**

✓ पृथ्वी ध्रुवतिर थेप्चिएको हुनाले ध्रुव भूमध्य रेखाभन्दा केन्द्रको नजिक पर्छ भनी लेखेमा।

✓ $g \propto 1/R^2$ भएकाले ध्रुवमा g ($9.83\ m/s^2$) भूमध्य रेखाको ($9.78\ m/s^2$) भन्दा बढी हुन्छ र वस्तुको वेग छिटो बढ्छ भनी लेखेमा।

6 लामो उत्तर

उत्तर **बोध · 4**

मानौँ, M पिण्ड र R अर्धव्यास भएको पृथ्वीको सतहमा m पिण्ड भएको वस्तु छ। न्युटनको गुरुत्वाकर्षण नियमअनुसार वस्तुमा लाग्ने बल $F = \frac{GMm}{R^2}$ ...(i) हुन्छ।

यही बलले वस्तुमा g प्रवेग उत्पन्न गर्छ। न्युटनको चालसम्बन्धी दोस्रो नियमअनुसार $F = mg$ ...(ii) हुन्छ।

i. र (ii) बाट: $mg = \frac{GMm}{R^2}$, अर्थात् $g = \frac{GM}{R^2}$।

G अचर र पृथ्वीको पिण्ड M स्थिर भएकाले $g \propto \frac{1}{R^2}$ हुन्छ।

अङ्क विभाजन

✓ न्युटनको गुरुत्वाकर्षण नियमअनुसार सतहमा रहेको m पिण्डको वस्तुमा लाग्ने बल $F = GMm/R^2$ ...(i) लेखेमा।

✓ न्युटनको चालसम्बन्धी दोस्रो नियमअनुसार $F = mg$ ...(ii) लेखेमा।

✓ i. र (ii) बाट $mg = GMm/R^2$, अर्थात् $g = GM/R^2$ निकालेमा।

✓ G र ग्रहको पिण्ड M स्थिर भएकाले $g \propto 1/R^2$ हुन्छ भनी निष्कर्ष लेखेमा।

7 गणितीय समस्या

क. **उत्तर** **प्रयोग · 2**

$$F = \frac{G\,m_1 m_2}{d^2} = \frac{6.67 \times 10^{-11} \times 20 \times 40}{5^2} = \frac{6.67 \times 10^{-11} \times 800}{25} = 2.134 \times 10^{-9}\ N$$

$F = 2.13 \times 10^{-9}$ N

अङ्क विभाजन

✓ $F = Gm_1m_2/d^2$ मा 20 kg, 40 kg र 5 m राखेमा।

✓ $F = 2.13 \times 10^{-9}$ N निकालेमा।

ख. **उत्तर** — प्रयोग · 4

$d = R + h = 6371$ km + 20,200 km = 26,571 km $= 2.6571 \times 10^7$ m।

$g_1 = GM/(R + h)^2 = (6.67 \times 10^{-11} \times 5.972 \times 10^{24}) \div (2.6571 \times 10^7)^2 = 39.83 \times 10^{13} \div 7.060 \times 10^{14} = 0.56$ m/s^2।

अङ्क विभाजन

✓ केन्द्रबाटको दुरी R + h = 26,571 km $= 2.6571 \times 10^7$ m निकालेमा।

✓ सूत्र $g_1 = GM/(R + h)^2$ लेखेमा।

✓ मानहरू सही रूपमा राखेमा।

✓ $g_1 = 0.56$ m/s^2 निकालेमा।

8 सोच्नुहोस्

उत्तर — उच्च दक्षता · 2

त्यो पनि **2 m/s^2** नै हुन्छ। कुनै बिन्दुमा गुरुत्व प्रवेग $g = GM/d^2$ हुन्छ। यो तान्ने खगोलीय पिण्डको पिण्ड M र त्यसको केन्द्रबाटको दुरी d मा मात्र भर पर्छ, खसिरहेको वस्तुको पिण्डमा भर पर्दैन। 10 kg को वस्तुलाई 10 गुणा बढी बलले तानिए पनि त्यसको वेग बढाउन 10 गुणा बढी बल नै चाहिने भएकाले त्यसको प्रवेग उही हुन्छ।

अङ्क विभाजन

✓ 2 m/s^2 नै हुन्छ, किनकि कुनै बिन्दुमा $g = GM/d^2$ तान्ने पिण्डको पिण्ड र केन्द्रबाटको दुरीमा मात्र भर पर्छ भनी लेखेमा।

✓ 10 kg को वस्तुलाई 10 गुणा बढी बलले तानिए पनि त्यसको वेग बढाउन 10 गुणा बढी बल नै चाहिने हुनाले पिण्ड कटिन्छ भनी लेखेमा।

9 क्रियाकलाप: कागज, कागजको डल्लो र ढुङ्गा (क्रियाकलाप 7.3)

(अङ्क नदिइने)

विद्यार्थीले पाउनुपर्ने नतिजा

कागजको डल्लो र ढुङ्गा सँगै भुइँमा पुग्छन्। चेप्टो पाना सबैभन्दा पछि झर्छ। चेप्टो पाना र डल्लोको पिण्ड उही भए पनि ती फरक वेगले खस्छन्। डल्लो र ढुङ्गाको पिण्ड धेरै फरक भए पनि ती सँगै खस्छन्। अर्थात् वस्तु कति छिटो खस्छ भन्ने कुरा पिण्डमा भर पर्दैन। चेप्टो पानाको ठुलो सतहमा धेरै हावाको अवरोध लाग्छ। चन्द्रमामा हावा नभएकाले तीनैओटा वस्तु सँगै भुइँमा पुग्थे।

Science Playground मा हेर्नुहोस्

यस एकाइसँग मिल्ने, भक्तपुरको Science Playground मा रहेका प्रदर्शनी र बिरुवा। विद्यार्थीसहित भ्रमणको समय science-playground.com/booking मा लिन सकिन्छ।

- **Flying Paper Shapes** (प्रदर्शनी): कागजका आकृति खसाल्नुहोस्: हावाले माथितिर धकेल्ने भएकाले ढुङ्गाभन्दा निकै बिस्तारै झर्छन्।

तहअनुसार अङ्क	ज्ञान	बोध	प्रयोग	उच्च दक्षता	**जम्मा**
अङ्क	10	13	8	2	**33**

एकाइ 7 · चाल र बल: पिण्ड, तौल र स्वतन्त्र खसाइ

उत्तरकुञ्जिका · शिक्षकका लागि

पूर्णाङ्क ३३

अङ्क विभाजनमा दिइएका बुँदाका आधारमा अङ्क दिनुहोस्। फरक शब्दमा लेखिएको भए पनि उही कुरा भनेको उत्तर सही मानिन्छ।

1 मुख्य शब्द

ज्ञान · 4

1. पिण्ड
2. भौतिक तराजु
3. तौल
4. न्युटन
5. स्प्रिङ तराजु
6. स्वतन्त्र खसाइ
7. टर्मिनल भेलोसिटी
8. तौल विहीनता

प्रत्येकको 0.5 अङ्क।

2 चित्रको नामाङ्कन

ज्ञान · 3

1. स्प्रिङ तराजु
2. फलामको फ्रेम
3. ढुङ्गाले धागोलाई तन्काएर तान्छ
4. रिडिङ 0
5. धागो खुकुलो हुन्छ
6. ढुङ्गा त्यहीँ रहन्छ, केही तान्दैन

प्रत्येकको 0.5 अङ्क।

3 बहुवैकल्पिक प्रश्न

i. **ग.** झापाको केचनाकवल — बोध · 1

केचनाकवल **नेपालको सबैभन्दा होचो ठाउँ** हो। समुद्र सतहबाट 100 m भन्दा कम उचाइमा रहेकाले यो ठाउँ पृथ्वीको केन्द्रको सबैभन्दा नजिक पर्छ र त्यहाँ g अनि तौल सबैभन्दा बढी हुन्छ। (चारैओटा ठाउँ झन्डै उही अक्षांशमा पर्छन्।)

ii. **ग.** पिण्ड 70 kg नै रहन्छ, तौल करिब 6 गुणा कम हुन्छ — बोध · 1

पिण्ड भनेको उनको शरीरमा भएको पदार्थको मात्रा हो। यात्रा गर्दा यो बदलिँदैन। तौल $W = mg$ हुन्छ र चन्द्रमामा g पृथ्वीको करिब छ भागको एक भाग भएकाले उनको तौल 686 N बाट घटेर $70 \times 1.62 = 113$ N हुन्छ।

iii. **क.** 124.74 N — प्रयोग · 1

मानिसको पिण्ड: $m = W/g = 750 \div 9.8 = 76.53$ kg। चन्द्रमामा: $W = mg = 76.53 \times 1.63 =$ **124.74 N**।

iv. **ख.** गति समान रूपले बढ्छ। — बोध · 1

प्रवेग g **स्थिर** हुनाले गति हरेक सेकेन्डमा उही 9.8 m/s ले बढ्छ, अर्थात् गति **समान रूपले** बढ्छ। हरेक सेकेन्डमा पार गरेको दुरी भने 4.9 m, 14.7 m, 24.5 m गर्दै बढ्दै जान्छ, अर्थात् दुरी समान रूपले बढ्दैन।

v. **ग.** शून्य — प्रयोग · 1

केटी र तराजु सँगै g प्रवेगले खस्ने भएकाले केटीले तराजुलाई पटक्कै थिच्दिनन्। क्रियाकलाप 7.7 को स्प्रिङ तराजुजस्तै यो तराजुको रिडिङ पनि शून्य हुन्छ। (लिफ्टलाई खस्नबाट रोक्ने सुरक्षा ब्रेक हुने भएकाले डराउनुपर्दैन।)

4 अति छोटो उत्तर

क. **अङ्क विभाजन** — ज्ञान · 1

✓ स्वतन्त्र खसाइमा वस्तुले कुनै वस्तुलाई नथिच्ने र सँगै खसिरहेको स्प्रिङ तराजुको रिडिङ शून्य हुने अवस्था भनी लेखेमा।

ख. **अङ्क विभाजन** ज्ञान · 1

✓ वस्तुमा गुरुत्वबल मात्र लाग्दा (हावाको अवरोध र ऊर्ध्वचाप नहुँदा, जस्तै शून्य स्थानमा) भनी लेखेमा।

ग. **अङ्क विभाजन** ज्ञान · 1

✓ $v^2 = u^2 + 2gh$ लेखेमा।

5 छोटो उत्तर

क. **अङ्क विभाजन** बोध · 2

✓ कुनै एउटा फरक, जस्तै: पिण्ड वस्तुमा भएको पदार्थको मात्रा हो; तौल ग्रहले वस्तुलाई आफ्नो केन्द्रतिर तान्ने बल हो, लेखेमा।

✓ अर्को कुनै फरक, जस्तै: पिण्डको एकाइ kg हो र यो जताततै उही रहन्छ; तौलको एकाइ N हो र यो g अनुसार बदलिन्छ ($W = mg$), लेखेमा।

ख. **अङ्क विभाजन** बोध · 2

✓ खसिरहेको शरीरको वेग बढिरहन्छ: भुइँमा पुग्दाको वेग $v = \sqrt{(2gh)}$ उचाइ बढेअनुसार बढ्छ भनी लेखेमा।

✓ ठुलो वेगलाई ठोक्किने छोटो क्षणमै शून्यमा झार्न शरीरमा धेरै ठुलो बल लाग्छ र चोट बढी लाग्छ भनी लेखेमा।

ग. **अङ्क विभाजन** बोध · 2

✓ दुवैको पिण्ड उही भए पनि चेप्टो पानाको सतह ठुलो हुनाले त्यसमा धेरै हावाको अवरोध लाग्छ भनी लेखेमा।

✓ कसिलो डल्लोमा हावाको अवरोध थोरै हुनाले त्यो झन्डै स्वतन्त्र रूपले खसेर पहिले पुग्छ भनी लेखेमा।

6 लामो उत्तर

उत्तर प्रयोग · 4

प्यारासुट खुल्दा त्यसको ठुलो छातामा धेरै हावाको अवरोध लाग्छ र यो अवरोध वेगसँगै बढ्छ। छिट्टै हावाको अवरोध प्यारासुटसहितको व्यक्तिको तौलसँग बराबर हुन्छ। त्यसपछि परिमाणात्मक बल शून्य हुन्छ र प्रवेग पनि शून्य हुन्छ। व्यक्ति सानो र स्थिर वेगमा (टर्मिनल भेलोसिटी, करिब 5 m/s) खस्छ र सुरक्षित अवतरण सम्भव हुन्छ।
चन्द्रमामा यो सम्भव हुँदैन। त्यहाँ वायुमण्डल नभएकाले हावाको अवरोध हुँदैन र प्यारासुटले खसाइ ढिलो पार्न सक्दैन। अन्तरिक्ष यात्री स्वतन्त्र खसाइमा हुन्छन्, उनीहरूको वेग बढिरहन्छ र उनीहरू सतहमा तीव्र वेगमा बजारिन्छन्। (चन्द्रमामा अन्तरिक्ष यानहरू रकेट प्रयोग गरेर अवतरण गर्छन्।)

अङ्क विभाजन

✓ खुलेको प्यारासुटको ठुलो छातामा धेरै हावाको अवरोध लाग्छ र यो वेगसँगै बढ्छ भनी लेखेमा।

✓ हावाको अवरोध तौलसँग बराबर भएपछि परिमाणात्मक बल र प्रवेग शून्य हुन्छन् र व्यक्ति सानो स्थिर वेगमा (टर्मिनल भेलोसिटी) सुरक्षित रूपमा खस्छ भनी लेखेमा।

✓ चन्द्रमामा वायुमण्डल नभएकाले हावाको अवरोध हुँदैन भनी लेखेमा।

✓ अन्तरिक्ष यात्री स्वतन्त्र खसाइमा रहेर वेग बढिरहन्छ र तीव्र वेगमा सतहमा बजारिन्छन् (त्यसैले रकेट प्रयोग गरिन्छ) भनी लेखेमा।

7 गणितीय समस्या

क. **उत्तर** प्रयोग · 2

भारत्तोलकले दुवै ठाउँमा उही बल लगाउन सक्ने भएकाले उचाल्न सक्ने तौल उही हुन्छ: $m \times 3.75 = 100 \times 9.8$, अर्थात् $m = 980 \div 3.75 = 261.33$ kg।

अङ्क विभाजन

✓ उचाल्न सक्ने तौल उही हुन्छ: $m \times 3.75 = 100 \times 9.8$ लेखेमा।

✓ $m = 980 \div 3.75 = 261.33$ kg निकालेमा।

ख. **उत्तर** प्रयोग · 4

$u = 0$, $h = 15$ m, $g = 9.8$ m/s^2।

समय: $h = ½gt^2$ बाट $t = \sqrt{(2h/g)} = \sqrt{(30 ÷ 9.8)} = \sqrt{3.061} = 1.75$ s।

गति: $v = u + gt = 0 + 9.8 × 1.75 = 17.15$ m/s (वा $v = \sqrt{(2gh)} = \sqrt{294} = 17.15$ m/s)।

अङ्क विभाजन

✓ $u = 0$ र $h = ½gt^2$ बाट $t = \sqrt{(2h/g)} = \sqrt{(30/9.8)}$ लेखेमा।

✓ $t = 1.75$ s निकालेमा।

✓ $v = u + gt = 0 + 9.8 × 1.75$ (वा $v = \sqrt{(2gh)}$) लेखेमा।

✓ $v = 17.15$ m/s निकालेमा।

8 सोच्नुहोस्

उत्तर उच्च दक्षता · 2

युक्ति सही छैन। भौतिक तराजुले सुन्तलालाई अर्को पल्लाका मानक ढकसँग तुलना गर्छ। तराईमा सुन्तला र ढक दुवैका लागि g उही अनुपातमा बढ्नाले तराजु उही ढकमै सन्तुलित हुन्छ। यसरी भौतिक तराजुले पिण्ड नाप्छ। पिण्ड नबदलिने भएकाले किनेको 10 kg बेच्दा पनि 10 kg नै हुन्छ र फाइदा हुँदैन।

अङ्क विभाजन

✓ युक्ति सही छैन; भौतिक तराजुले सुन्तलालाई मानक ढकसँग तुलना गर्छ र g दुवैमा उही अनुपातमा बदलिन्छ, अर्थात् यसले पिण्ड नाप्छ भनी लेखेमा।

✓ पहाड र तराईमा सुन्तलाको पिण्ड उही रहने हुनाले किनेको र बेचेको परिमाण उही हुन्छ र फाइदा हुँदैन भनी लेखेमा।

9 क्रियाकलाप: रुलरले आफ्नो प्रतिक्रिया समय नाप्नुहोस्

(अङ्क नदिइने)

विद्यार्थीले पाउनुपर्ने नतिजा

धेरैजसो मानिसले 10 देखि 25 cm मा रुलर समात्छन्। यो करिब 0.14 देखि 0.23 s को प्रतिक्रिया समय हो (15 cm मा 0.175 s)। रुलर स्थिर अवस्थाबाट ($u = 0$) छोडिन्छ र यति थोरै उचाइमा हावाले यसलाई खासै ढिलो पार्दैन। त्यसैले रुलर g प्रवेगले स्वतन्त्र रूपले खस्छ र $h = ½gt^2$ हुन्छ।

तहअनुसार अङ्क	ज्ञान	बोध	प्रयोग	उच्च दक्षता	**जम्मा**
अङ्क	10	9	12	2	**33**