باب 10

کششِ ثقل (Gravitation)

4916CH10

باب 8 اور باب 9 ہم نے اشیا کی حرکت کے بارے میں اور قوت کا حرکت کی وجہ کے طور پر مطالعہ کیا۔ ہم نے سیکھا کہ ایک شے کی حرکت کی چال یا اس کی سمت تبدیل کرنے کے لیے قوت درکار ہوتی ہے۔ ہم یہ دیکھتے ہیں کہ اگر کوئی شے کچھ اونچائی سے گرائی جائے تو زمین کی طرف گرتی ہے۔ ہم جانتے ہیں کہ تمام سیارے سورج کے گرد چکّر لگاتے ہیں۔ چاند زمین کے گرد چکر لگاتا ہے۔ ان تمام صورتوں میں، اشیا پر، سیاروں پر، چاند پر، کوئی قوت کام کر رہی ہوگی۔ آئزک نیوٹن (Issac Newton, 1642 -1727) یہ بات سمجھ گئے تھے کہ ان تمام صورتوں کے لیے ایک ہی قوت ذمہ دار ہے۔ یہ قوت، کششِ ثقل (Gravitational Force) کہلاتی ہے۔

اس باب میں ہم کششِ ثقل اور کششِ ثقل کے ہمہ گیر قانون (Universal Law) کے بارے میں سیکھیں گے۔ ہم زمین پر کششِ ثقل کے زیرِ اثر اشیا کی حرکت سے بحث کریں گے۔ ہم مطالعہ کریں گے کہ چیزوں کا وزن ایک مقام سے دوسرے مقام پر کیسے تبدیل ہو جاتا ہے۔ ان شرائط سے بھی بحث کریں گے، جن کے تحت اشیا رقیق (Liquid) میں تیرتی ہیں۔

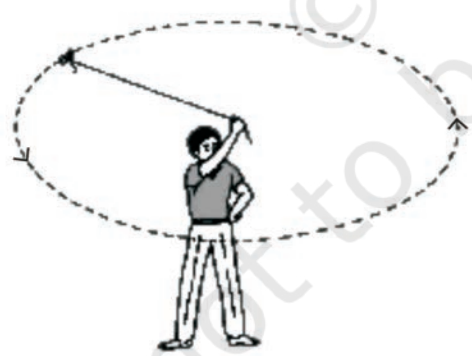
10.1 کششِ ثقل (Gravitation)

ہم جانتے ہیں کہ چاند زمین کے گرد گھومتا ہے۔ کسی شے کو جب اوپر کی طرف پھینکا جاتا ہے، تو وہ کچھ اونچائی تک پہنچتی ہے اور پھر نیچے گر جاتی ہے۔ یہ کہا جاتا ہے کہ ایک بار نیوٹن سیب کے درخت کے نیچے بیٹھا ہوا تھا تو ایک سیب اس کے اوپر گر پڑا۔ سیب کے گرنے کے واقعہ نے نیوٹن کو یہ سوچنے پر مجبور کر دیا کہ اگر زمین ایک سیب کو اپنی جانب کشش کر سکتی ہے تو کیا یہ چاند کے تئیں کشش کا اظہار نہیں کر سکتی؟ کیا دونوں صورتوں میں لگ رہی قوت یکساں ہے؟ اس نے اندازہ لگایا کہ دونوں صورتوں کے لیے ذمہ دار قوتیں یکساں قسم کی ہے۔ اس نے کہا کہ اپنے مدار (Orbit) کے ہر نقطے پر، چاند، زمین کی طرف گرتا ہے، بجائے اس کے کہ وہ ایک خطِ مستقیم میں باہر کی طرف جائے۔ اس لیے یہ یقینی طور پر زمین کے تئیں کشش کا اظہار کرتا ہے۔ لیکن ہم چاند کو سچ مچ زمین کی طرف گرتا ہوا نہیں دیکھتے۔ زمین اور چاند کے درمیان قوتِ کشش اور چاند کی خطِ مستقیم میں یکساں حرکت دونوں ساتھ مل کر چاند کو زمین کے گرد چکر لگواتی ہیں۔

آیئے مندرجہ ذیل سرگرمی کے ذریعے چاند کی حرکت کو سمجھنے کی کوشش کریں۔

سرگرمی 10.1

- ایک دھاگے کا ٹکڑا لیجیے۔
- اس کے ایک سرے پر ایک پتھر باندھ دیجیے۔ دوسرے سرے کو ہاتھ میں پکڑیے اور اسے گھمائیے، جیسا کہ شکل 10.1 میں دکھایا گیا ہے۔
- پتھر کی حرکت کو نوٹ کیجیے۔
- دھاگے کو چھوڑ دیجیے۔ پھر پتھر کی حرکت کی سمت نوٹ کیجیے۔

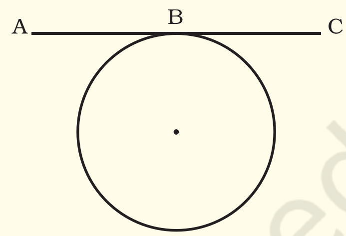


شکل 10.1: ایک پتھر جو دائری راستہ پر مستقلہ عددی قدر کی رفتار سے حرکت کر رہا ھے

© NCERT not to be republished

دھاگہ چھوڑنے سے پہلے پتھر، دائری راستے پر ایک مخصوص چال کے ساتھ حرکت کرتا ہے اور اپنی سمت ہر نقطہ پر تبدیل کرتا رہتا ہے۔ سمت میں تبدیلی کا مطلب ہے رفتار میں تبدیلی یا اسراع۔ وہ قوت جو یہ اسراع پیدا کر رہی ہے اور جسم کو دائری راستے پر حرکت میں رکھ رہی ہے، مرکز کی سمت میں لگ رہی ہے۔ یہ قوت مرکز جو (Centripetal) قوت کہلاتی ہے۔ اس قوت کی غیر موجودگی میں پتھر ایک خطِ مستقیم پر حرکت کرتا ہے۔ یہ خطِ مستقیم، دائری راستے پر مماس (Tangent) ہوگا۔

دائرے پر مماس



ایک مستقیم خط جو دائرہ سے ایک اور صرف ایک نقطے پر ملتا ہے، دائرہ پر مماس کہلاتا ہے، خطِ مستقیم ABC، دائرہ کے نقطہ B پر مماس ہے۔

زمین کے گرد چاند کی حرکت مرکز جو قوت کی وجہ سے ہے۔ مرکز جو قوت، زمین کی قوتِ کشش کی وجہ سے مہیا ہوتی ہے۔ اگر ایسی کوئی قوت نہیں ہوتو چاند خط مستقیم میں یکساں حرکت سے چلتا رہے گا۔

یہ دیکھنے میں آتا ہے کہ ایک گرتا ہوا سیب زمین کی طرف کشش کا اظہار کرتا ہے کیا سیب بھی زمین کو کھینچتا ہے؟ اگر ہاں، تو ہم زمین کو سیب کی طرف حرکت کرتے کیوں نہیں دیکھتے؟

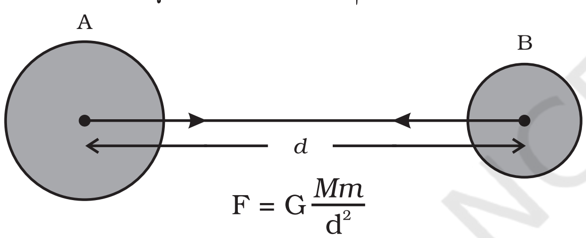
حرکت کے تیسرے قانون کے مطابق، سیب بھی زمین کو کھینچتا ہے۔ لیکن حرکت کے دوسرے قانون کے مطابق، ایک دی ہوئی قوت کے لیے، اسراع، شے کی کمیت کے معکوس متناسب (Inversely Proportional) ہے (مساوات 9.4)۔ سیب کی کمیت، زمین کی کمیت کے مقابلے نہیں کے برابر ہے۔ اس لیے ہم زمین کو سیب کی طرف حرکت کرتے ہوئے نہیں دیکھتے۔ اسی توجیہہ کی توسیع کرتے ہوئے سمجھائیے کہ زمین، چاند کی طرف کیوں نہیں حرکت کرتی۔

ہمارے نظامِ شمسی (Solar System) میں تمام سیارے سورج کے گرد چکر لگاتے ہیں۔ اسی طور پر توجیہہ کرتے ہوئے ہم کہہ سکتے ہیں کہ سورج اور سیاروں کے درمیان بھی ایک قوت موجود ہے۔ ان حقائق سے نیوٹن نے نتیجہ اخذ کیا کہ صرف زمین ہی سیب اور چاند کو اپنی طرف کشش نہیں کرتی بلکہ اس کائنات کی تمام مادّی اشیا ایک دوسرے کو کشش کرتی ہیں۔ اشیا کے درمیان یہ قوت، کشش کی قوت (Force of Attraction) کہلاتی ہے۔ نظامِ شمسی میں مختلف سیارے، سورج سے مختلف فاصلوں پر ہیں۔ (i) سورج اور زمین (ii) سورج اور سیارہ پلوٹو (Pluto) کے درمیان کشش ثقل کی عددی قدریں کیا ہوں گی؟

10.1.1 کشش ثقل کا ہمہ گیر قانون

(Universal Law of Gravitation)

کائنات میں ہر مادی شے دوسری مادی شے کو جس قوت سے کشش کرتی ہے، وہ ان کی کمیتوں کے حاصل ضرب کے متناسب اور ان کے درمیانی فاصلے کے مربع کے معکوس تناسب میں ہوتی ہے۔ یہ قوت دونوں اشیا کے مرکزوں کو ملانے والے مستقیم خط کی سمت میں ہوتی ہے۔



شکل 10.2: دو ہموار اشیا کے مابین کشش ثقل، ان کے مراکز کو ملانے والے مستقیم خط کی سمت میں ھے۔

فرض کیجیے کہ دو اشیا A اور B جن کی کمیتیں بالترتیب M اور m ہیں، ایک دوسرے سے d فاصلہ پر ہیں جیسا کہ شکل 10.2 میں دکھایا گیا ہے۔ فرض کیجیے کہ دونوں اشیا کے درمیان قوتِ کشش F ہے۔ کشش ثقل کے ہمہ گیر قانون کے مطابق دونوں اشیا کے درمیا قوت، ان کی کمیتوں کے حاصل ضرب کے متناسب ہے۔ یعنی،

$$F \propto M \times m \qquad (10.1)$$

اور دونوں اشیا کے درمیان قوت، ان کے مابین فاصلہ کے مربع کے معکوس تناسب میں ہے۔ یعنی:

$$F \propto \frac{1}{d^2} \qquad (10.2)$$

مساوات (10.1) اور (10.2) کو ملانے سے ہمیں ملتا ہے:

$$F \propto \frac{M \times m}{d^2} \qquad (10.3)$$

یا

$$F = G\frac{M \times m}{d^2} \qquad (10.4)$$

جہاں G، تناسبیت کا مستقلہ ہے اور کشش ثقل کا ہمہ گیر مستقلہ کہلاتا ہے۔ مساوات (10.4) سے ہمیں حاصل ہوتا ہے:

$$F \times d^2 = G\, M \times m$$

سر آئزک نیوٹن

(1642-1721)

سر آئزک نیوٹن گرانتھم (Grantham) کے قریب وول اسٹروپ (Woolsthorpe) انگلینڈ میں پیدا ہوئے۔ انہیں عام طور سے سائنس کی تاریخ میں سب سے زیادہ انفرادی اور موثر نظریات داں سمجھا جاتا ہے۔ وہ ایک غریب کسان گھرانے میں پیدا ہوئے۔ لیکن وہ زراعت میں زیادہ مہارت نہیں رکھتے تھے۔ اس لیے انہیں 1661 میں کیمبرج یونیورسٹی میں تعلیم حاصل کرنے کے لیے بھیج دیا گیا۔ 1665 میں کیمبرج میں طاعون (Plague) کی وبا پھوٹ پڑی، اس لیے وہ ایک سال کے لیے گھر واپس آگئے۔ کہا جاتا ہے کہ سیب کے گرنے کا واقعہ اسی سال کے دوران ہوا۔ اس واقعہ نے نیوٹن کو یہ حوصلہ دیا کہ ارضی کشش کو اس قوت کے ساتھ منسلک کرنے کے امکانات کا جائزہ لیا جائے جو چاند کو اس کے مدار میں رکھتی ہے۔ اس سے انہیں کشش ثقل کے ہمہ گیر قانون تک پہنچنے کی راہ دکھائی۔ یہ بات بھی سچ ہے کہ ان سے پہلے بھی کئی بڑے سائنسدانوں کو زمینی کشش کا علم تھا لیکن وہ اسے سمجھنے میں ناکام رہے۔

نیوٹن نے معروف حرکت کے قوانین کی تشکیل کی۔ انہوں نے روشنی اور رنگوں کے نظریے پر کام کیا۔ انہوں نے فلکیاتی مشاہدات کرنے کے لیے ایک فلکیاتی دوربین بنائی۔ نیوٹن ایک عظیم ریاضی داں بھی تھے۔ انہوں نے ریاضی کی ایک نئی شاخ ایجاد کی جو احصا (Calculus) کہلاتی ہے۔ انہوں نے اس کا استعمال یہ ثابت کرنے کے لیے کیا کہ ایک یکساں کثافت کے کرّہ سے باہر کی اشیا کے لیے، کرّہ کا برتاؤ ایسا ہوتا ہے جیسے کہ اس کی کل کمیت اس کے مرکز پر مرتکز ہو۔ نیوٹن نے اپنے حرکت کے تین قوانین اور کشش ثقل کے ہمہ گیر قانون کے ذریعہ طبیعی سائنس کی شکل ہی بدل دی۔ نیوٹن کے ان قوانین کو سترہویں صدی کے سائنسی انقلاب کی بنیاد سمجھا جاتا ہے جن میں نیوٹن نے اپنے کام میں کاپرنیکس، کیپلر، گیلیو اور دوسرے سائنس دانوں کے کام کو شامل کر کے طبیعیاتی قوانین کا امتزاج پیش کیا۔

یہ بھی حیرت کی بات ہے کہ حالانکہ کشش ثقل کے نظریہ کی اُس وقت تصدیق نہیں ہو سکی، پھر بھی اس کی درستگی کے بارے میں کوئی شبہ نہیں تھا۔ اس کی وجہ یہ تھی کہ نیوٹن نے اپنے نظریات کی بنیاد بے جھول سائنسی استدلال کو بنایا اور ریاضی کے ذریعے اسے تقویت پہنچائی۔ اس طرح نظریہ سادہ اور خوبصورت ہو گیا۔ آج ان خوبیوں کو ایک اچھے سائنسی نظریہ کی لازمی شرائط مانا جاتا ہے۔

نیوٹن نے مقلوب مربع قانون کا اندازہ کیسے لگایا؟
(How did Newton guess the inverse-square rule?)

سیاروں کی حرکت میں ہمیشہ سے ہی انسان کو دلچسپی رہی ہے۔ اس کی ایک وجہ یہ بھی ہے کہ کچھ لوگ یہ سمجھتے ہیں کہ سیارے ہماری قسمت پر اثر انداز ہوتے ہیں۔ سولہویں صدی تک، بہت سے ماہرِ فلکیات نے مل کر سیاروں کی حرکت سے متعلق بہت سے اعداد و شمار جمع کر لیے تھے۔ ان اعداد و شمار کی بنیاد پر (Johannes Kepler) نے تین قوانین اخذ کیے، جن کے مطابق سیارے حرکت کرتے ہیں۔ یہ کیپلر کے قوانین کہلاتے ہیں۔ یہ یہ ہیں:

1۔ سیارے کا مدار بیضوی (Ellipse) ہوتا ہے، جس کے فوکسوں (Foci) میں سے ایک فوکس (Focus) سورج ہوتا

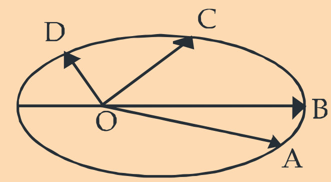
© NCERT not to be republished

ہے، جیسا کہ نیچے دی ہوئی شکل میں دکھایا گیا ہے۔ اس شکل میں O سورج کا مقام ہے۔

2۔ سیارے اور سورج کو ملانے والا خط مساوی وقفہ میں مساوی رقبہ طے کرتا ہے۔ اس لیے اگر A سے B تک پہنچنے میں لگنے والا وقت C سے D تک پہنچنے میں لگنے والے وقت کے مساوی ہے تو رقبہ OAB اور رقبہ OCD مساوی ہوں گے۔

3۔ ایک سیارے کی سورج سے اوسط دوری کا مکعب اس کے مداری دور (Orbital Period) 'T' کے مربع کے متناسب ہوتا ہے۔ یا مستقلہ = $\frac{r^3}{T^2}$

یہ نوٹ کرنا بھی اہم ہے کہ کیپلر سیاروں کی حرکت کی وضاحت کرنے کے لیے کوئی نظریہ نہیں پیش کرسکا۔ یہ نیوٹن ہی تھے جنہوں نے بتایا کہ سیاروں کی حرکت کی وجہ وہ کشش ثقل ہے جو سورج، سیاروں پر لگاتا ہے۔ نیوٹن نے کیپلر کے تیسرے قانون کو استعمال کرکے کشش ثقل کا حساب لگایا۔ زمین کی کشش ثقل فاصلے کی وجہ سے کمزور ہو جاتی ہے۔ ایک سادہ سی توجیہ یہ کی جاسکتی ہے: ہم فرض کر سکتے ہیں کہ سیاروں کے مدار دائری ہیں۔ مان لیجیے کہ مداری رفتار، v اور مدار کا نصف قطر r ہے۔ تب مدار میں گردش کرتے ہوئے



سیارے پر لگ رہی قوت مندرجہ ذیل ہوگی: $F \propto \frac{v^2}{r}$ اگر T دوری وقت کو ظاہر کرتا ہے، تب $v = \frac{d\pi r}{T}$

اس طرح: $v \propto \frac{r^2}{T^2}$، ہم اسے دوبارہ اس شکل میں لکھ سکتے ہیں: $v^2 \propto r^2 / T^2$ کیونکہ کیپلر کے تیسرے قانون کے مطابق $\frac{r^3}{T^2}$ مستقلہ ہے۔ اس لیے اسے $F \propto \frac{v^2}{r}$ سے ملانے پر ہمیں حاصل ہوتا ہے: $F \propto \frac{1}{r^2}$۔

$$G = \frac{F d^2}{M \times m} \qquad (10.5)$$

G کی SI اکائی، مساوات (10.5) میں قوت، فاصلے اور کمیت کی SI اکائیوں کو رکھ کر حاصل کی جاسکتی ہے۔ یہ ہے $N\,m^2\,kg^{-2}$

G کی قدر کیونڈش (Cavendish) (1731-1810) نے ایک حساس ترازو استعمال کرکے معلوم کی۔ G کی تسلیم شدہ قدر ہے:

$6.673 \quad 10^{-11}\ N\ m^2\ kg^{-2}$۔

ہم جانتے ہیں کہ کوئی بھی دو اشیا کے مابین ایک قوتِ کشش کام کرتی ہے۔ آپ اپنے اور پاس بیٹھے ہوئے اپنے دوست کے درمیان اس قوت کی قدر کا حساب لگائیے۔ نتیجہ اخذ کیجیے کہ آپ کو اس قوت کا احساس کیوں نہیں ہوتا۔

نوٹ

یہ قانون ان معنوں میں ہمہ گیر ہے کہ یہ تمام اجسام پر لاگو ہوتا ہے، چاہے وہ اجسام چھوٹے ہوں یا بڑے ہوں فلکی ہوں یا ارضی۔

مقلوب مربع

F، d کے مربع کے معکوس تناسب میں ہے، اس کا مطلب یہ ہے کہ اگر d، 6 گنا ہو جاتا ہے، تو قوت 36واں حصہ رہ جائے گی۔

مثال 10.1 زمین کی کمیت 6×10^{24} kg اور چاند کی کمیت 7.4×10^{22} kg ہے۔ اگر زمین اور چاند کے درمیان فاصلہ 3.84×10^5 km ہے تو زمین کے ذریعے چاند پر لگ رہی قوت کا حساب لگائیے۔ $G = 6.7 \times 10^{-1} N\ m^2$۔

حل:

زمین کی کمیت، $M = 6 \times 10^{24}$ kg

چاند کی کمیت، $m = 7.4 \times 10^{22}$ kg

زمین اور چاند کے درمیان فاصلہ، $d = 3.84 \times 10^5$ km

$= 3.84 \times 10^5 \times 1000$ m

$= 3.84 \times 10^8 m$

$G = 6.7 \times 10^{-11} N\ m^2\ kg^{-2}$

© NCERT not to be republished

مساوات 10.4 سے، زمین کے ذریعے چاند پر لگ رہی قوت ہے:

$$F = G\frac{M \times m}{d^2}$$

$$= \frac{6.7\times10^{-11}\,N\,m^2kg^{-2} \times 6\times10^{24}\,kg \times 7.4\times10^{22}\,kg}{(3.84\times10^{8}\,m)^2}$$

$$= 2.01\times10^{20}\,N$$

اس لیے زمین کے ذریعے چاند پر لگائی جانے والی قوت 2.01×10^{20} N ہے۔

سوالات

1۔ کشش ثقل کا ہمہ گیر قانون لکھیے۔

2۔ زمین اور زمین کی سطح پر رکھے ہوئے ایک شے کے مابین کام کر رہی کشش ثقل کی عددی قدر معلوم کرنے کا فارمولا لکھیے۔

10.1.2 کشش ثقل کے ہمہ گیر قانون کی اہمیت (Importance of the Law Universal Law of Gravitation)

کشش ثقل کے ہمہ گیر قانون نے کئی ایسے مظاہر کی کامیاب وضاحت کی، جنھیں ہم پہلے ایک دوسرے سے غیر متعلق سمجھتے تھے:

(i) وہ قوت جو ہمیں زمین پر قائم رکھتی ہے۔

(ii) زمین کے گرد چاند کی حرکت

(iii) سورج کے گرد سیاروں کی حرکت

(iv) چاند اور سورج کی وجہ سے اٹھنے والی سمندری لہریں۔

10.2 آزادانہ طور پر گرنا (Free Fall)

آیئے مندرجہ ذیل سرگرمی کے ذریعے آزادانہ گرنے کے معنی سمجھیں:

سرگرمی 10.2

- ایک پتھر لیجیے۔
- اسے اوپر کی سمت میں پھینکیے۔
- یہ ایک مخصوص اونچائی تک جاتا ہے اور پھر نیچے گرنا شروع کر دیتا ہے۔

ہم جانتے ہیں کہ زمین اشیا کو اپنی طرف کھینچتی ہے۔ یہ کشش ثقل کی قوت کی وجہ سے ہوتا ہے۔ جب بھی اشیا زمین کی طرف گرتی ہیں، تو ہم کہتے ہیں کہ یہ اشیا آزادانہ طور پر گر رہی ہیں۔ کیا گرتی ہوئی اشیا کی رفتار میں کوئی تبدیلی ہوتی ہے؟ گرنے کے دوران، چیزوں کی حرکت کی سمت میں کوئی تبدیلی نہیں ہوتی۔ لیکن زمین کی کشش کی وجہ سے، ان کی رفتار کی عددی قدر میں تبدیلی ہوگی۔ رفتار میں کسی بھی تبدیلی میں اسراع شامل ہے۔ یہ اسراع زمین کی کشش ثقل کی وجہ سے ہے۔ اس لیے اس اسراع کو زمین کی کشش ثقل کی وجہ سے پیدا ہونے والا اسراع کہتے ہیں۔ اسے g سے ظاہر کرتے ہیں۔ کیونکہ g کشش ثقل کی وجہ سے پیدا ہونے والا اسراع (ثقلی اسراع Acceleration Due to Gravity) ہے، اس لیے g کی اکائی وہی ہے جو اسراع کی ہے، یعنی $m\,s^{-2}$۔

ہم حرکت کے دوسرے قانون کی رو سے یہ جانتے ہیں کہ قوت، کمیت اور اسراع کا حاصل ضرب ہے۔ فرض کیجیے کہ سرگرمی 1.2 میں پتھر کی کمیت m ہے۔ ہم یہ پہلے ہی جانتے ہیں کہ گرتی ہوئی اشیا میں کشش ثقل کی وجہ سے اسراع شامل ہوتا ہے اور اسے g سے ظاہر کرتے ہیں۔ اس لیے کشش ثقل کی عددی قدر، کمیت اور کشش ثقل کے ذریعے پیدا ہونے والے اسراع کے حاصل ضرب کے مساوی ہوگی۔ یعنی

$$F = mg \qquad (10.6)$$

مساوات (10.4) اور (10.6) سے ہمیں حاصل ہوتا ہے:

$$mg = G\frac{M \times m}{d^2},$$

$$g = G\frac{M}{d^2} \qquad (10.7)$$

جہاں M زمین کی کمیت ہے اور d زمین اور شے کے درمیان فاصلہ ہے۔

فرض کیجیے کہ ایک شے زمین کی سطح پر یا سطح کے نزدیک ہے۔ مساوات (10.7) میں فاصلہ d، زمین کے نصف قطر R کے مساوی ہوگا۔ اس لیے سطحِ زمین پر یا اس کے نزدیک اشیا کے لیے،

$$mg = G\frac{M \times m}{R^2} \qquad (10.8)$$

$$g = G\frac{M}{R^2} \qquad (10.9)$$

© NCERT not to be republished

زمین ایک مثالی کرہ (Perfect Sphere) نہیں ہے۔ جیسے جیسے زمین کا نصف قطر قطبین سے خطِ استوا (Equator) تک بڑھتا جاتا ہے، g کی قدر قطبین پر خطِ استوا کے مقابلے میں زیادہ ہوتی ہے۔ زیادہ تر تخمینات میں ہم g کو زمین کے قریب تقریباً مستقلہ مان سکتے ہیں۔ لیکن ان اشیا کے لیے جو زمین سے زیادہ فاصلے پر ہیں، زمین کی کشش ثقل کی وجہ سے پیدا ہونے والا اسراع مساوات (10.7) سے دیا جاتا ہے۔

10.2.1 g کی قدر کا حساب لگانا

(To Calculate the Value of g)

g کی قدر کا حساب لگانے کے لیے ہمیں G، M اور R کی قدروں کو مساوات (10.9) میں رکھنا ہوگا، یعنی کہ: $G = 6.7 \times 10^{-11}\ N\ m^2\ kg^{-2}$، کشش ثقل کا ہمہ گیر مستقلہ $M = 6 \times 10^{24}\ kg$ زمین کی کمیت اور $R = 6.4 \times 10^6 m$، زمین کا نصف قطر

$$g = G\frac{M}{R^2}$$

$$= \frac{6.7 \times 10^{-11} N\ m^2 kg^{-2} \times 6 \times 10^{24} kg}{(6.4 \times 10^6 m)^2}$$

$$= 9.8\ m\ s^{-2}$$

اس لیے زمین کی کشش ثقل کی وجہ سے پیدا ہونے والے اسراع کی قدر $g = 9.8\ m\ s^{-2}$ ہے۔

10.2.2 زمین کی کشش ثقل کی قوت کے زیرِ اثر اشیا کی حرکت

(Motion of Objects Under the Influence of Gravitational Force of the Earth)

آیئے ایک سرگرمی کے ذریعے سمجھیں کہ تمام اشیا، چاہے وہ ٹھوس ہوں یا کھوکھلی ہوں بڑی ہوں یا چھوٹی، ایک ہی اونچائی سے یکساں شرح کے ساتھ گرتی ہیں۔

سرگرمی 10.3

- ایک کاغذ کا ورق اور ایک پتھر لیں۔ ایک عمارت کی پہلی منزل سے دونوں کو ایک ساتھ گرائیں۔ دیکھیے کہ کیا دونوں ایک ساتھ ہی زمین پر پہنچتے ہیں۔
- ہم دیکھتے ہیں کہ کاغذ کا ورق، پتھر سے ذرا دیر بعد زمین پر پہنچتا ہے۔ یہ ہوا کی مزاحمت کی وجہ سے ہوتا ہے۔ ہوا، رگڑ کے سبب، گرتی ہوئی اشیا کے گرنے کی مزاحمت کرتی ہے۔ ہوا کے ذریعے کی گئی کاغذ کی مزاحمت، پتھر کی مزاحمت سے زیادہ ہے اگر ہم یہی تجربہ ایک شیشے کے جار میں کریں، جس میں سے ہوا باہر نکال دی گئی ہو، تو کاغذ اور پتھر ایک ہی شرح سے گریں گے۔

ہم جانتے ہیں کہ آزادانہ گرنے میں ایک شے کو اسراع محسوس ہوتا ہے۔ مساوات (10.9) سے، اشیا کے ذریعے محسوس کیا جانے والا یہ اسراع ان کی کمیت کے غیر تابع (Independent) ہے۔ اس کا مطلب ہے کہ تمام اشیا چاہے وہ کھوکھلی ہوں یا ٹھوس، بڑی ہوں یا چھوٹی یکساں شرح سے گریں گی۔ ایک کہانی کے مطابق، گلیلیو نے پیسا (Pisa) کے جھکے ہوئے مینار کی چوٹی سے یہ ثابت کرنے کے لیے مختلف اشیا کو گرایا۔

کیونکہ g زمین کے قریب مستقلہ ہے، اس لیے یکساں اسراع پذیر حرکت کی تمام مساوات، اسراع a کی جگہ g رکھ دینے کے بعد، درست ہیں (دیکھیے حصّہ 8.5)۔ مساوات ہیں:

$$v = u + at \qquad (10.10)$$

$$s = ut + \frac{1}{2}at^2 \qquad (10.11)$$

$$v^2 = u^2 + 2as \qquad (10.12)$$

جہاں u اور v، بالترتیب، ابتدائی اور اختتامی رفتار ہیں اور s، وقت t میں طے کیا گیا فاصلہ ہے۔

ان مساواتوں کو استعمال کرتے وقت، ہم اسراع a کو اس وقت مثبت لیں گے جب یہ رفتار کی سمت میں ہوگا، یعنی کہ حرکت کی سمت میں۔ اسراع a اس وقت منفی لیا جائے گا جب یہ حرکت کی مخالف سمت میں ہوگا۔

مثال 10.2 ایک پہاڑی کے کنارے کھڑے ہوئی کار نیچے زمین پر 0.5s میں گر جاتی ہے۔ فرض کیجیے $g = 10\ ms^{-2}$

(i) زمین سے ٹکراتے وقت اس کی چال کیا ہوگی؟

(ii) $\frac{1}{2}$ سیکنڈ میں اس کی اوسط چال کیا ہوگی؟

(iii) پہاڑی سطح زمین سے کتنی اونچی ہے؟

© NCERT not to be republished

حل:

وقت، t = ½ سیکنڈ

ابتدائی رفتار، $u = 0 \text{ m s}^{-2}$

ثقلی اسراع، $g = 10 \text{ ms}^{-2}$

کار کا اسراع، $a = 10 \text{ ms}^{2}$

(نیچے کی سمت میں)

(i) چال $v = at$

$$v = 10\, m\, s^{-2} \times \frac{1}{2} s$$

$$= 5\, m\, s^{-1}$$

(ii) اوسط چال $= \dfrac{u+v}{2}$

$$= (0 \text{ m s}^{-1} + 5 \text{m s}^{-1})/2$$

$$= 2.5 \text{ m s}^{-1}$$

(iii) طے کیا گیا فاصلہ $s = \frac{1}{2} a t^2$

$$= \frac{1}{2} \times 10 \text{ m s}^{-2} \times \left(\frac{1}{2}\text{s}\right)^2$$

$$= \frac{1}{2} \times 10 \text{ m s}^{-2} \times \frac{1}{4}\text{s}^2$$

$$= 1.25 \text{ m}$$

اس لیے

(i) زمین سے ٹکراتے وقت کار کی چال $= 5 \text{ m s}^{-1}$

(ii) $\frac{1}{2}$ سیکنڈ کے دوران کار کی اوسط چال $= 2.5 \text{ m s}^{-1}$

(iii) پہاڑی کی سطحِ زمین سے اونچائی $= 1.25$ m

مثال 10.3 ایک شے عمودی سمت میں اوپر کی طرف پھینکی جاتی ہے اور وہ 10 m کی اونچائی تک جاتی ہیں حساب لگائیے (i) وہ رفتار جس سے شے اوپر پھینکی گئی (ii) سب سے اونچے نقطے تک پہنچنے میں لگنے والا وقت

حل:

طے کیا گیا فاصلہ $s = 10$ m

اختتامی رفتار $v = 0 \text{ m s}^{-1}$

ارضی کشش اسراع $g = 9.8 \text{ m s}^{-2}$

شے کا اسراع $a = -9.8 \text{ m s}^{-2}$ (واپر کی سمت میں حرکت)

(i) $v^2 = u^2 + 2a\,s$

$$0 = u^2 + 2 \quad (-9.8 \text{ m s}^{-2}) \quad 10 \text{ m}$$

$$-u^2 = -2 \quad 9.8 \quad 10 \quad \text{m}^2 \text{ s}^{-2}$$

$$u = \quad \text{m s}^{-1}$$

$$u = 14 \text{ m}^{-1}$$

(ii) $v = u + a\,t$

$$0 = 14 \text{ m s}^{-1} - 9.8 \text{ m s}^{-2} \quad t$$

$$t = 1.43 \text{ s.}$$

اس لیے،

(i) ابتدائی رفتار $u = 14 \text{ ms}^{-1}$

(ii) لیا گیا وقت $t = 1.43$ s

سوالات

1۔ آپ آزادانہ طور پر گرنے سے کیا سمجھتے ہیں؟

2۔ آپ ثقلی اسراع سے کیا سمجھتے ہیں؟

10.3 کمیت (Mass)

ہم پچھلے باب میں پڑھ چکے ہیں کہ شے کی کمیت اس کے جمود کی پیمائش ہے (حصّہ 9.9)۔ ہم یہ بھی سیکھ چکے ہیں کہ جتنی زیادہ کمیت ہوگی، اتنا زیادہ جمود ہوگا۔ شے کی کمیت کیوں کہ اس کے جمود کی پیمائش ہے، اس لیے یہ یکساں رہتا ہے، چاہ شے زمین پر ہو، چاند پر ہو یا خلا میں ہو۔ اس لیے شے کی کمیت مستقلہ ہے اور ایک مقام سے دوسرے مقام پر تبدیل نہیں ہوتی۔

10.4 وزن (Weight)

ہم جانتے ہیں کہ زمین ہر شے کو ایک خاص قوت سے کھینچتی ہے اور یہ قوت شے کی کمیت (m) اور زمین کی کشش ثقل کی وجہ سے پیدا ہونے والے اسراع (g) پر منحصر ہے۔ شے کا وزن وہ قوت ہے، جس سے وہ زمین کی طرف کشش کرتی ہے۔

© NCERT not to be republished

ہم جانتے ہیں کہ

$$F = m \quad a \qquad (10.13)$$

یعنی کہ

$$F = m \quad g \qquad (10.14)$$

کسی شے پر زمین قوت کشش، شے کے وزن کے طور پر جانی جاتی ہے۔ اسے W سے ظاہر کرتے ہیں۔ اسے مساوات (10.4) میں رکھنے پر ہمیں ملتا ہے۔

$$W = m \quad g \qquad (10.15)$$

کیونکہ کسی شے کا وزن وہ قوت ہے، جس سے شے زمین کی طرف کشش کرتی ہے، وزن کی SI اکائی بھی وہی ہے جو قوت کی ہے، یعنی کہ نیوٹن (N)۔ وزن عمودی طور پر نیچے کی سمت میں کام کر رہی قوت ہے، اس کی عدی قدر اور سمت دونوں ہوتی ہیں۔

ہم سیکھ چکے ہیں کہ ایک دیے ہوئے مقام پر g کی قدر مستقلہ ہوتی ہے۔ اس لیے ایک دیے ہوئے مقام پر شے کا وزن، شے کی کمیت، فرض کیجیے m، کے راست متناسب ہے۔ یعنی $W \propto m$۔ یہی وجہ ہے کہ ایک دیے ہوئے مقام پر، ہم شے کے وزن کو اس کی کمیت کی پیمائش کے طور پر استعمال کر سکتے ہیں۔ ایک شے کی کمیت ہر جگہ یکساں رہتی ہے، چاہے زمین ہو یا کوئی سیارہ، جبکہ اس کا وزن مقام پر منحصر ہے۔

10.4.1 چاند پر شے کا وزن

(Weight of an Object on the Moon)

ہم سیکھ چکے ہیں کہ زمین پر کسی شے کا وزن وہ قوت ہے جس سے زمین اسے اپنی طرف کھینچتی ہے۔ اسی طرح، چاند پر کسی شے کا وزن وہ قوت ہے جس سے چاند اسے اپنی طرف کھینچتا ہے۔ چاند کی کمیت، زمین کی کمیت سے کم ہے۔ اس وجہ سے چاند پر اشیا پر قوت کشش مقابلتاً کم لگاتا ہے۔

فرض کیجیے ایک شے کی کمیت m ہے اور چاند پر اس کا وزن W_m ہے۔ فرض کیجیے چاند کی کمیت M_W ہے اور چاند کا نصف قطر R_m ہے۔ کشش ثقل کے ہمہ گیر قانون کو استعمال کرکے، چاند پر شے کا وزن ہوگا۔

$$W_m = G\frac{M_m \times m}{R_m^2} \qquad (10.16)$$

فرض کیجیے، زمین پر اسی شے کا وزن W_e ہے۔ زمین کی کمیت M اور زمین کا نصف قطر R ہے۔

جدول 10.1

	کمیت (کلوگرام)	نصف قطر (میٹر)
زمین	5.98×10^{24}	6.37×10^{6}
چاند	7.36×10^{22}	1.74×10^{6}

مساوات (10.9) اور (10.15) سے ہمیں ملتا ہے،

$$W_e = G\frac{M \times m}{R^2} \qquad (10.17)$$

جدول 10.1 سے مساوات (10.16) اور مساوات (10.17) میں قدریں رکھنے پر ہمیں ملتا ہے

$$W_m = G\frac{7.36 \times 10^{22}\,\text{kg} \times m}{(1.74 \times 10^{6}\,\text{m})^2}$$

$$W_m = 2.431 \times 10^{10}\,G \times m \qquad (10.18a)$$

اور

$$W_e = G\frac{5.98 \times 10^{24}\,kg \times m}{(6.37 \times 10^{6}\,\text{m})^2}$$

$$W_e = 1.474 \times 10^{11}\,G \times m \qquad (10.18b)$$

مساوات (10.18a) کو مساوات (10.18b) سے تقسیم کرنے پر ہمیں ملتا ہے۔

$$\frac{W_m}{W_e} = \frac{2.431 \times 10^{10}}{1.474 \times 10^{10}}$$

یا

$$\frac{W_m}{W_e} = 0.165 \approx \frac{1}{6} \qquad (10.19)$$

$$\frac{1}{6} = \frac{\text{چاند پر شے کا وزن}}{\text{زمین پر شے کا وزن}}$$

$$\text{چان پر شے کا وزن} = \left(\frac{1}{6}\right) \times \text{(زمین پر اس کا وزن)}$$

مثال 10.4 ایک شے کی کمیت 10 kg ہے۔ زمین پر اس کا وزن کیا ہوگا؟

© NCERT not to be republished

حل:

کمیت $m = 10 \text{ kg}$

زمینی کشش اسراع $g = 9.8 \text{ ms}^{-2}$

$W = m \quad g$

$W = 10 \text{ kg} \quad 9.8 \text{ ms}^{-2} = 98 \text{ N}$

اس لیے شے کا وزن 98 N ہے۔

مثال 10.5 ایک شے کا وزن سطحِ زمین پر 10 N ہے۔اس کا وزن، چاند کی سطح پر کیا ہوگا؟

حل:

ہم جانتے ہیں:

چاند پر شے کا وزن = $\left(\frac{1}{6}\right) \times$ زمین پر اس کا وزن

یعنی کہ

$$W_m = \frac{W_e}{6} = \frac{10}{6} \text{N}$$

$$= 1.67 \text{ N}$$

اس لیے چاند کی سطح پر شے کا وزن 1.67 N ہوگا۔

سوالات

1۔ ایک شے کی کمیت اور اس کے وزن میں کیا فرق ہے؟

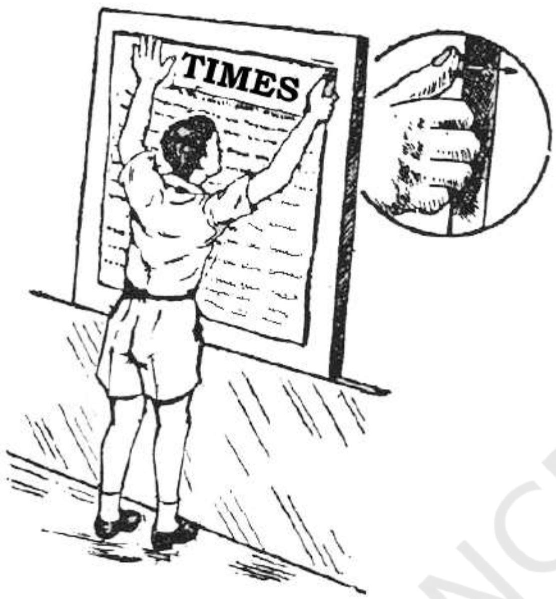
2۔ چاند پر کسی شے کا وزن، زمین پر اس کے وزن کا $\frac{1}{6}$ کیوں ہوتا ہے؟

10.5 دھکّا دباؤ (Thrust and Pressure)

کیا آپ نے کبھی سوچا ہے کہ اونٹ ریگستان میں آسانی سے کس طرح دوڑ پاتا ہے؟ فوج کے ٹینک جس کا وزن ایک ہزار ٹن سے بھی زیادہ ہوتا ہے ایک مسلسل زنجیر پر کس طرح ٹکا رہتا ہے؟ کسی ٹرک یا بس کے ٹائر زیادہ چوڑے کیوں ہوتے ہیں؟ کاٹنے والے اوزاروں کی دھار تیز کیوں ہوتی ہے؟ ان سوالوں کا جواب حاصل کرنے اور ان میں شامل مظہر کو سمجھنے میں ہمیں اس وقت مدد ملے گی جب ہم ایک مخصوص سمت میں کل قوت (دھکّا (Thrust)) اور قوت فی اکائی رقبہ پر لگنے والی قوت، دباؤ (Pressure) کے تصورات سے متعارف ہو جائیں گے۔

آیئے دھکّا اور دباؤ کے معنی سمجھنے کی کوشش، مندرجہ ذیل صورتوں کو ملاحظہ کرکے، کریں۔

صورت 1: آپ ایک بلیٹن بورڈ پر ایک پوسٹر لگانا چاہتے ہیں۔جیسا کہ شکل 10.3 میں دکھایا گیا ہے۔ یہ کام کرنے کے لیے آپ کو ڈرائنگ پنوں کو اپنے انگوٹھے سے دبانا ہوگا۔آپ پن کے سر کے سطحی رقبے پر ایک قوت لگاتے ہیں۔ یہ قوت، بورڈ کے سطحی رقبے کی عمودی سمت میں ہے۔ یہ قوت پن کی نوک کے مقابلتاً کم رقبے پر لگتی ہے۔



شکل 10.3 : ایک پوسٹر لگانے کے لیے، ڈرائنگ پنوں کو انگوٹھے سے، بورڈ کی عمودی سمت میں دبایا جارہا ھے۔

صورت 2: آپ ڈھیلی ریت پر کھڑے ہیں۔آپ کے پیر ریت میں گہرائی تک دھنس جاتے ہیں۔ اب ریت پر لیٹ جائیں۔آپ دیکھیں گے کہ آپ کا جسم اتنی گہرائی تک ریت میں نہیں دھنسے گا۔ دونوں صورتوں میں ریت پر لگائی گئی قوت آپ کے جسم کا وزن ہے۔

آپ جانتے ہیں کہ وزن، عمودی سمت میں نیچے کی طرف لگ رہی قوت ہے۔ یہاں قوت ریت کی سطح کی عمودی سمت میں لگ رہی ہے۔ کسی شے پر شے کی سطح کی عمودی سمت میں لگ رہی قوت، دھکّا کہلاتی ہے۔

© NCERT not to be republished

جب آپ ڈھیلی ریت پر کھڑے ہوتے ہیں، تو قوت، یعنی کہ آپ کے جسم کا وزن، آپ کے پیروں کے رقبے کے مساوی رقبے پر لگ رہی ہے۔ جب آپ لیٹ جاتے ہیں تو وہی قوت اس رقبے پر لگتی یہ جو آپ کے جسم کے تماسی رقبے کے مساوی ہے، جو کہ آپ کے پیروں کے رقبے سے زیادہ ہے۔ اس لیے یکساں عددی قدر کی قوتوں کے اثرات، جب وہ مختلف رقبوں پر لگتی ہیں تو مختلف ہوتے ہیں۔ مندرجہ بالا صورتوں میں دھکا یکساں ہے۔ لیکن اثرات مختلف ہیں۔ اس لیے دھکے کا اثر اس رقبے پر منحصر ہے، جس پر وہ لگ رہا ہے۔

ریت پر دھکے کا اثر کھڑے ہونے میں لیٹنے کے مقابلے میں زیادہ ہے۔ اکائی رقبے پر لگنے والا دھکا دباؤ کہلاتا ہے۔ اس لیے،

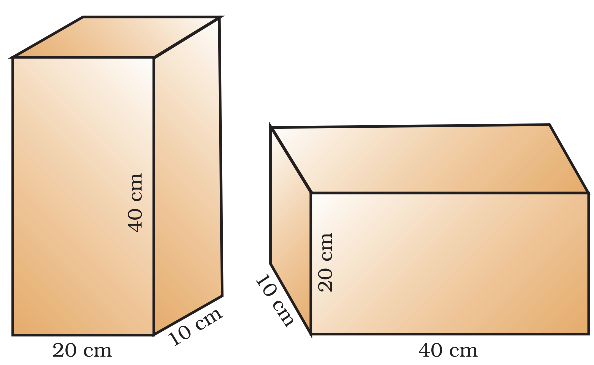
$$\text{دباؤ} = \frac{\text{دھکا}}{\text{رقبہ}} \qquad (10.20)$$

دھکے اور رقبے کی SI اکائیوں کو مساوات (10.2) میں رکھنے پر، ہمیں دباؤ کی SI اکائی، $\frac{N}{m^2}$ یا Nm^{-2} حاصل ہوتی ہے۔

سائنس داں بلیز پاسکل (Blaise Pascal) کے اعزاز میں، دباؤ کی SI اکائی پاسکل کہلاتی ہے، جسے Pa سے ظاہر کرتے ہیں۔

آیئے ایک عددی مثال کے ذریعے مختلف رقبوں پر لگ رہے دھکے کے اثرات کو سمجھیں۔

مثال 10.6 لکڑی کا ایک ٹکڑا میز کے اوپری سطح پر رکھا ہوا ہے۔ لکڑی کے ٹکڑے کی کمیت 5kg ہے اور اس کے ابعاد ہیں 40cm 20cm 10 cm۔ لکڑی کے ٹکڑے کے ذریعے میز کی اوپری سطح پر لگ رہا دباؤ معلوم کیجیے، جب کہ اسے اس طرح رکھا جاتا ہے کہ میز کی سطح کے تماس میں اس کے ابعاد ہیں: (a) 20 cm 10 cm (b) 40 cm 20 cm۔



(a) (b)

شکل 10.4

حل:

لکڑی کے ٹکڑے کی کمیت = 5 kg

ابعاد = 10 cm 20 cm 40 cm

یہاں، لکڑی کے ٹکڑے کا وزن میز کی اوپری سطح پر ایک دھکا لگاتا ہے۔ یعنی کہ

دھکا = F = m g

$= 5\ kg \quad 9.8\ m\ s^{-2}$

$= 49\ N$

(a) سطح کا رقبہ = چوڑائی لمبائی

$= 200\ cm \quad 10\ cm$

$= 200\ cm^2 = 01.02\ m^2$

مساوات (10.20) سے

$$\text{دباؤ} = \frac{49\ N}{0.02\ m^2}$$

$= 2450\ N\ m^{-2}$

(b) جب ٹکڑا اس طرح رکھا ہوا ہے کہ میز کی سطح کے تماس میں اس کے ابعاد 20 cm 40 cm ہیں، تب بھی وہ یکساں قوت لگاتا ہے۔

رقبہ = چوڑائی لمبائی

$= 40\ cm \quad 20\ cm$

$= 800\ cm^2 = 0.08\ m^2$

مساوات (10.20) سے

$$\text{دباؤ} = \frac{49\ N}{0.08\ m^2}$$

$= 612.5\ N\ m^{-2}$

اس لیے ابعاد 10 cm 20 cm کے ذریعے لگایا گیا دباؤ 2450 Nm^{-2} ہے اور ابعاد 20 cm 40 cm کے ذریعے لگایا گیا دباؤ 612.5 Nm^{-2} ہے۔

© NCERT not to be republished

اس لیے، یکساں قوت جب کم رقبے پر لگتی ہے تو زیادہ دباؤ ڈالتی ہے اور کم دباؤ ڈالتی ہے جب زیادہ رقبے پر لگتی ہے۔ اسی وجہ سے کیل کا سرا نوکیلا ہوتا ہے، چاقوؤں کے کنارے نوکیلے ہوتے ہیں اور عمارتوں کی بنیادیں چوڑی ہوتی ہیں۔

10.5.1 سیالوں میں دباؤ (Pressure in Fluids)

تمام رقیق اور گیسیں، سیال (Fluid) ہیں۔ ایک ٹھوس ایک سطح پر دباؤ اپنے وزن کی وجہ سے ڈالتا ہے۔ اسی طرح سیالوں میں بھی وزن ہوتا ہے اور وہ بھی اس برتن کے پیندے اور دیواروں پر دباؤ ڈالتے ہیں، جن میں انھیں رکھا جاتا ہے۔ کسی گھرے ہوئے رقیق کی کمیت پر جو دباؤ ڈالا جاتا ہے، وہ تمام سمتوں میں بغیر کوئی کمی آئے ترسیل ہو جاتا ہے۔

10.5.2 اچھال (Buoyancy)

کیا آپ نے محسوس کیا ہے کہ تیرتے وقت ہمیں اپنا وزن ہلکا کیوں محسوس ہوتا ہے؟ کیا آپ نے کنویں سے پانی نکالا ہے؟ اور جب بالٹی پانی سے باہر نکالتے ہیں تو وزن زیادہ کیوں محسوس ہوتا ہے؟ کیا آپ نے غور کیا ہے کہ لوہے اور اسٹیل سے بنے بڑے بڑے جہاز سمندر میں نہیں رہتے ہیں جب کہ اسی کے برابر وزن کی شیٹ ڈوب جاتی ہے ان سوالوں کے جوابات ہم اچھال کے ذریعے معلوم کرسکتے ہیں۔ آیئے ایک سرگرمی کے ذریعے اچھال کے معنی سمجھیں۔

سرگرمی 10.4

- پلاسٹک کی ایک خالی بوتل لیں۔ ایک ایرٹائٹ (Airtight) اسٹاپر کے ذریعے اس کا منہ بند کردیں۔ پانی سے بھری ہوئی بالٹی میں اسے ڈال دیں۔ آپ دیکھتے ہیں کہ بوتل تیرتی ہے۔
- بوتل کو پانی میں دھکیلیں۔ آپ اسے مزید نیچے اور نیچے دھکیلنے میں دشواری محسوس کریں گے۔ یہ نشاندہی کرتا ہے کہ پانی، بوتل پر اوپر کی سمت میں ایک قوت لگاتا ہے۔ پانی کے ذریعہ اوپر کی سمت میں لگائی گئی قوت، جیسے جیسے بوتل کو ڈبویا جاتا ہے، بڑھتی جاتی ہے، جب تک کہ بوتل پانی میں پوری نہ ڈوب جائے۔
- اب بوتل کو چھوڑ دیں یہ دوبارہ سطح پر آجاتی ہے۔
- کیا زمین کی ماڈی کشش کی قوت اس بوتل پر کام کررہی ہے؟ اگر ہاں، تو بوتل چھوڑ دیے جانے کے بعد پانی میں ڈوبی کیوں نہیں رہتی؟ آپ بوتل کو پانی میں کیسے ڈبو سکتے ہیں؟

زمین کی ماڈی کشش کی وجہ سے بوتل پر لگنے والی قوت نیچے کی سمت میں کام کرتی ہے۔ اس لیے بوتل نیچے کی طرف کھنچتی ہے۔ لیکن پانی بوتل پر اوپر کی سمت میں ایک قوت لگاتا ہے۔ اس لیے بوتل اوپر کی طرف دھکیلی جاتی ہے۔ جب بوتل ڈوبوئی جاتی ہے تو پانی کے ذریعے لگائی گئی اوپر کی سمت میں قوت، اس کے وزن سے زیادہ ہوتی ہے۔ اس لیے وہ چھوڑے جانے پر اوپر آجاتی ہے۔

بوتل کو پوری طرح سے ڈوبائے رکھنے کے لیے بوتل پر پانی کے ذریعے لگ رہی اوپر کی سمت میں قوت کو متوازن کرنا ضروری ہے۔ یہ نیچے کی سمت میں کوئی باہری قوت لگا کر، جو نیچے کی سمت میں لگ رہی ہو، کیا جاسکتا ہے۔ یہ قوت کم سے کم اوپر کی سمت میں لگ رہی قوت اور بوتل کے وزن کے فرق کے مساوی ہونا چاہیے پانی کے ذریعے بوتل پر اوپر کی سمت میں لگائی گئی قوت، اوپری دھکّا (Up Thrust) یا اچھال (Buoyancy) قوت کہلاتی ہے۔ اصل میں، تمام اشیا سیال میں ڈبوئے جانے پر ایک اچھال کی قوت محسوس کرتے ہیں۔ اس قوتِ اچھال کی عددی قدر، سیال کی کثافت پر منحصر ہے۔

10.5.3 سطحِ آب پر رکھے جانے پر اشیا کیوں تیرتی یا ڈوبتی ہے (Why Objects Float or Sink when Placed on the Surface of Water)

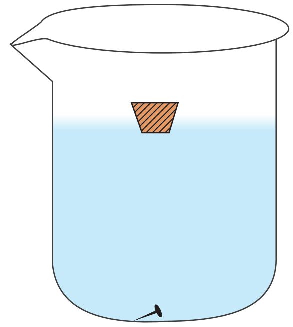
اوپر دیے ہوئے سوال کا جواب حاصل کرنے کے لیے آیئے مندرجہ ذیل سرگرمیاں کریں:

سرگرمی 10.5

- ایک پانی سے بھرا ہوا بیکر لیں۔
- ایک لوہے کی کیل لیں اور اسے پانی کی سطح پر رکھیں۔
- دیکھیے کیا ہوتا ہے۔

کیل ڈوب جاتی ہے۔ کیل پر زمین کی ماڈی کشش کی وجہ سے لگنے والی قوت اسے نیچے کھینچ لیتی ہے۔ کیل پر پانی کا ایک اچھال بھی لگ رہا ہے، جو اسے اوپر دھکیلتا ہے۔ لیکن کیل پر نیچے کی سمت میں لگ رہی قوت، کیل پر لگ رہے پانی کے اچھال سے زیادہ ہے۔ اس لیے یہ ڈوب جاتی ہے (شکل 10.5)۔

2019-20



شکل 10.5: سطحِ آب رکھے جانے پر ایک لوہے کی کیل ڈوب جاتی ہے اور کارک تیرتا ہے

سرگرمی 10.6

- پانی سے بھرا ہوا ایک برتن لیں۔
- سادی کمیت کے ایک لوہے کی کیل اور ایک کارک لیں۔
- انہیں پانی کی سطح پر رکھیں۔
- دیکھیے کیا ہوتا ہے۔

کارک تیرتا ہے، جبکہ کیل ڈوب جاتی ہے۔ ایسا ان کی کثافتوں میں فرق کی وجہ سے ہوتا ہے۔ ایک شے کی کثافت کی تعریف اس طرح کی جاتی ہے کہ یہ کمیت فی اکائی حجم ہے۔ کارک کی کثافت پانی کی کثافت سے کم ہے۔ اس کا مطلب ہے کہ کارک پر لگ رہا پانی کا اچھال، کارک کے وزن سے زیادہ ہے۔ اس لیے یہ تیرتا ہے (شکل 10.5)۔

لوہے کی کیل کی کثافت، پانی کی کثافت سے زیادہ ہے۔ اس کا مطلب ہے کہ کیل پر لگ رہا پانی کا اچھال، کیل کے وزن سے کم ہے۔ اس لیے یہ ڈوب جاتی ہے۔

اس لیے وہ اشیا جن کی کثافت، رقیق کی کثافت سے کم ہوتی ہے، اس رقیق میں تیرتی ہیں۔ اور وہ اشیا جن کی کثافت، رقیق کی کثافت سے زیادہ ہوتی ہے، اس رقیق میں ڈوب جاتی ہیں۔

سوالات

1۔ آپ اچھال سے کیا سمجھتے ہیں؟

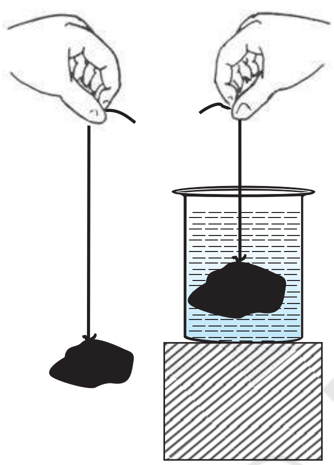
2۔ ایک شے سطحِ آب پر رکھنے پر کیوں ڈوبتی یا تیرتی ہے؟

10.6 آرشمیدس کا اصول

(Archimedes' Principle)

سرگرمی 10.7

- ایک پتھر کا ٹکڑا لیں اور ربر کی ڈوری یا اسپرنگ ترازو کے ایک سرے پر اسے باندھ دیں۔
- ربر کی ڈوری یا ترازو کو پکڑ کر پتھر کو لٹکائیں، جیسا کہ شکل 10.6 (a) میں دکھایا گیا ہے۔
- اب ڈوری کی لمبائی میں اضافہ یا ترازو پر ریڈنگ نوٹ کیجیے، جو کہ پتھر کے وزن کی وجہ سے ہے۔
- اب آہستہ آہستہ پتھر کو برتن میں رکھے ہوئے پانی میں ڈوبایئے، جیسا کہ شکل (b) 10.6 میں دکھایا گیا ہے۔



شکل 10.6 (a) ایک ربر کی ڈوری کی لمبائی میں ہونے والے اضافے کا مشاہدہ کیجیے، جو ہوا میں اس سے لگائے گئے پتھر کے ٹکڑے کے وزن کی وجہ سے ہو رہا ہے۔ (b) جب پانی کو پتھر میں ڈوبویا جاتا ہے تو یہ اضافہ کم ہو جاتا ہے۔

- دیکھیے کہ ڈوری کی لمبائی میں پہلے ہوئے اضافے یا اسپرنگ ترازو کی ریڈنگ میں کیا فرق آتا ہے۔

آپ دیکھیں گے کہ جیسے جیسے پتھر کو بتدریج پانی میں نیچے لے جایا جاتا ہے، ویسے ویسے ڈوری کی لمبائی میں پہلے ہوا اضافہ یا اسپرنگ ترازو کی

© NCERT not to be republished

2019-20

ریڈنگ کم ہوتی جاتی ہے۔لیکن جب پتھر پانی میں پورا ڈوب جاتا ہے، اس کے بعد کوئی مزید تبدیلی نہیں دکھائی دیتی۔ آپ ڈوری کی لمبائی میں پہلے ہوئے اضافے یا اسپرنگ ترازو کی ریڈنگ میں کمی آنے سے کیا اخذ کرتے ہیں؟

ہم جانتے ہیں کہ ڈوری کی لمبائی میں ہوا اضافہ یا اسپرنگ ترازو کی ریڈنگ، پتھر کے وزن کی وجہ سے ہے۔ کیونکہ پتھر کو پانی میں ڈبوئے جانے پر، لمبائی میں پہلے ہوا اضافہ کم ہو جاتا ہے، اس کا مطلب ہے کہ پتھر پر اوپر کی سمت میں کوئی قوت لگ رہی ہے۔ جس کے نتیجے میں ڈوری پر لگ رہی کل قوت کم ہو جاتی ہے اور اس لیے لمبائی کا اضافہ بھی کم ہو جاتا ہے جیسا کہ پہلے بیان کیا جا چکا ہے، پانی کے ذریعے اوپر کی سمت میں لگائی گئی یہ قوت، قوت اچھال کہلاتی ہے۔

جسم پر لگ رہی اس قوتِ اچھال کی عمودی قدر کیا ہے؟ کیا یہ کسی ایک جسم کے لیے تمام سیالوں میں یکساں ہے؟ کیا تمام اشیا ہر ایک دیے ہوئے سیال میں یکساں قوتِ اچھال کام کرتی ہے۔ ان سوالوں کے جواب آرشمیدس کے اصول میں ہیں، جسے مندرجہ ذیل شکل میں بیان کیا جا سکتا ہے:

جب کسی جسم کو مکمل یا جزوی طور پر کسی سیال میں ڈوبویا جاتا ہے، تو اس پر اوپر کی سمت میں ایک قوت لگتی ہے، جو اس کے ذریعے ہٹائے گئے سیال کے وزن کے مساوی ہوتی ہے۔

کیا اب آپ وضاحت کر سکتے ہیں کہ سرگرمی 10.7 میں جب پتھر پانی میں پورا ڈوب گیا تھا، اس کے بعد اسے اور نیچے لے جانے پر ڈوری کی لمبائی میں مزید کمی کیوں نہیں آئی تھی؟

آرشمیدس

آرشمیدس ایک یونانی سائنسداں تھے۔ انھوں نے وہ اصول دریافت کیا، جو ان کے نام سے جانا جاتا ہے۔ یہ دریافت اس وقت ہوئی، جب انھوں نے غور کیا کہ پانی سے بھرے ٹب میں جب وہ بیٹھے تو پانی ٹب کے اوپر سے بہنے لگا۔ وہ فوراً ہی گلیوں میں یہ چلّاتے ہوئے دوڑنے لگے: ''یوریکا'' (Eureka) جس کا مطلب ہے، میں نے سمجھ لیا۔

آرشمیدس کے اصول کے کئی استعمال ہیں۔ یہ پانی کے جہازوں اور پن ڈبیوں کا نقشہ تیار کرنے میں استعمال ہوتا ہے۔ لیکٹومیٹر، جو یہ معلوم کرنے کے لیے استعمال ہوتے ہیں کہ دودھ کتنا اصلی ہے اور ہائیڈرومیٹر، جن سے رقیق اشیا کی کثافت معلوم کی جاتی ہے، اسی اصول پر منحصر ہیں۔

سوالات

1۔ وزن کی پیمائش کرنے والی مشین کے ذریعے آپ یہ معلوم کرتے ہیں کہ آپ کی کمیت 42 kg ہے۔ آپ کی کمیت 42 kg سے زیادہ ہے یا کم؟

2۔ آپ کے پاس ایک روئی کا تھیلا اور ایک لوہے کی چھڑ ہے۔ وزن ناپنے کی مشین کے ذریعے معلوم کی گئی دونوں کی کمیت 100 kg ہے۔ اصل میں، دونوں میں ایک زیادہ بھاری ہے۔ کیا آپ بتا سکتے ہیں کہ کون زیادہ بھاری ہے اور کیوں؟

10.7 نسبتی کثافت (Relative Density)

جیسا کہ آپ جانتے ہیں، کسی شے کی کثافت کی تعریف اس طرح کی جاتی ہے، کہ کثافت، اکائی حجم کی کمیت ہے۔ کثافت کی اکائی کلوگرام فی مکعب میٹر ($kg\ m^{-3}$) ہے۔ کسی شے کی کثافت، طے شدہ شرائط پر یکساں رہتی ہے۔ اس لیے کسی شے کی کثافت اس کی ایک مخصوص خاصیت ہے۔ یہ مختلف اشیا کے لیے مختلف ہوتی ہے۔ مثال کے طور پر، سونے کی کثافت $19300\ kg\ m^{-3}$ ہے، جبکہ پانی کی کثافت $1000\ kg\ m^{-3}$ ہے۔ ایک شے کے دیے ہوئے نمونے کی کثافت اس کے خالص پن کو معلوم کرنے میں ہماری مدد کر سکتی ہے۔

اگر ہم کسی شے کی کثافت، پانی کی کثافت کے مقابلے میں ظاہر کریں تو یہ آسان رہتا ہے۔ کسی شے کی نسبتی کثافت، اس کی کثافت اور پانی کی کثافت کی نسبت ہے۔

$$\text{نسبتی کثافت} = \frac{\text{شے کی کثافت}}{\text{پانی کی کثافت}}$$

کیونکہ نسبتی کثافت دو یکساں مقداروں کی نسبت ہے، اس کی کوئی اکائی نہیں ہوتی۔

© NCERT not to be republished

مثال 10.8 چاندی کی نسبتی کثافت 10.8 ہے۔ پانی کی کثافت 10^3 kg m^{-3} ہے۔SI اکائی میں، چاندی کی کثافت کتنی ہے؟

حل:

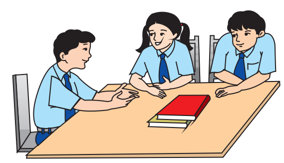
چاندی کی نسبتی کثافت = 10.8

$$\text{نسبتی کثافت} = \frac{\text{چاندی کی کثافت}}{\text{پانی کی کثافت}}$$

چاندی کی کثافت = پانی کی کثافت × چاندی کی نسبتی کثافت

= 10.8 × 3 kg m^{-3}

آپ نے کیا سیکھا



- کشش ثقل کے قانون کا بیان ہے کہ دو اشیا کے مابین قوتِ کشش ان کی کمیتوں کے حاصل ضرب کے راست متناسب ہوتی ہے اور ان کے مابین فاصلے کے مربع کے معکوس تناسب میں ہوتی ہے۔ اس قانون کا اطلاق کائنات میں ہر مقام پر ہوتا ہے۔ ایسے قانون کو ہمہ گیر قانون کہتے ہیں۔
- کشش ثقل ایک کمزور قوت ہے، جب تک کہ بہت بڑی کمیتیں شامل نہ ہوں۔
- زمین کی وجہ سے لگنے والی کشش ثقل ارضی کشش کہلاتی ہے۔
- ارضی کشش کی قوت بلندی کے ساتھ کم ہوتی جاتی ہے۔ زمین کی سطح پر بھی یہ تبدیل ہوتی رہتی ہے۔ یہ قطبین سے خطِ استوا کی طرف کم ہوتی جاتی ہے۔
- ایک شے کا وزن وہ قوت ہے جس سے زمین اسے اپنی طرف کھینچتی ہے۔
- وزن، شے کی کمیت اور ثقلی اسراع کے حاصل ضرب کے مساوی ہوتا ہے۔
- وزن ایک مقام سے دوسرے مقام پر تبدیل ہوسکتا ہے۔ جبکہ کمیت مستقلہ ہوتی ہے۔
- تمام اشیا پر کسی سیال میں ڈبوئے جانے پر قوتِ اچھال لگتی ہے۔
- وہ اشیا جن کی کثافت اس رقیق سے کم ہے، جس میں وہ ڈبوئی گئی ہیں، اس رقیق میں تیرتی ہیں۔ وہ اشیا جن کی کثافت اس رقیق سے زیادہ ہے جس میں وہ ڈبوئی گئی ہیں اس رقیق میں ڈوب جاتی ہیں۔

© NCERT not to be republished

2019-20

مشق

1۔ دو اشیا کے درمیان کشش ثقل کیسے تبدیل ہوتی ہے، اگر ان کا درمیانی فاصلہ آدھا کر دیا جائے۔

2۔ کشش ثقل تمام اشیا پر ان کی کمیتوں کی مناسبت کے ساتھ لگتی ہے۔ پھر ایک بھاری شے ایک ہلکی شے کے مقابلے میں تیزی سے کیوں نہیں گرتی ؟

3۔ زمین اور اس کی سطح پر رکھی ہوئی 1 kg کی شے کے مابین کشش ثقل کی عددی قدر کیا ہوگی؟ (زمین کی کمیت 6×10^{24} kg ہے اور زمین کا نصف قطر 6.4×10^{6} m ہے)۔

4۔ زمین اور چاند دونوں ایک دوسرے کو کشش ثقل کے ذریعے کھینچتے ہیں۔ کیا زمین جس قوت سے چاند کو کھینچتی ہے وہ اس قوت سے جس سے چاند زمین کو کھینچتا ہے، کم ہے، مساوی ہے یا زیادہ ہے کیوں؟

5۔ اگر چاند زمین کو کھینچتا ہے، تو زمین چاند کی طرف حرکت کیوں نہیں کرتی ؟

6۔ دو اشیا کے درمیان لگ رہی کشش ثقل پر کیا اثر پڑے گا اگر

(i) ایک شے کی کمیت دگنی کر دی جائے۔

(ii) ان کا درمیانی فاصلہ دگنا اور تین گنا کر دیا جائے۔

(iii) دونوں اشیا کی کمیت دگنی کر دی جائے۔

7۔ کشش ثقل کے ہمہ گیر قانون کی کیا اہمیت ہے؟

8۔ آزادانہ گرنے کے دوران کا اسراع کتنا ہوتا ہے؟

9۔ ہم زمین اور ایک شے کے درمیان لگ رہی کشش ثقل کی قوت کو کیا کہتے ہیں؟

10۔ اپنے ایک دوست کی ہدایت کے مطابق ایک شخص قطبین پر چند گرام سونا خریدتا ہے۔ وہ یہ سونا اپنے دوست کو اس سے خطِ استوا پر ملاقات کے دوران دے دیتا ہے۔ کیا دوست خریدے ہوئے سونے کے وزن سے متفق ہوگا؟ اگر نہیں تو کیوں؟ [اشارہ: g کی قدر قطبین پر خطِ استوا پر g کی قدر کے مقابلے میں زیادہ ہے]۔

11۔ کاغذ کا ایک ورق اسی کاغذ کی موڑ کر بنائی ہوئی گیند کی شکل کے مقابلے میں کیوں آہستہ نیچے گرتا ہے؟

12۔ چاند کی سطح پر کشش ثقل، سطحِ زمین پر کشش ثقل کے مقابلے میں $\frac{1}{6}$ ہے۔ ایک 10 kg کمیت کی شے کا وزن زمین پر اور چاند پر کتنا ہوگا؟

© NCERT not to be republished

13۔ایک گیند کو اوپر عمودی سمت میں، 49 m/s کی رفتار سے پھینکا جاتا ہے۔حساب لگائیے:

(i) ازحد اونچائی، جس تک وہ جائے گا۔

(ii) زمین تک واپس آنے میں لگنے والا وقت۔

14۔ایک پتھر کو 19.6 m اونچے مینار سے نیچے چھوڑا جاتا ہے۔اس کی اختتامی رفتار کا حساب لگائیے۔

15۔ایک پتھر، ابتدائی رفتار 40 m/s کے ساتھ اوپر کی طرف عمودی سمت میں پھینکا جاتا ہے۔ g = 10 ms^{-2} لیتے ہوئے زمین پر واپس پہنچنے تک پتھر کی حرکت کا رفتار۔وقت گراف کھینچیے۔گراف کو استعمال کر کے معلوم کیجیے کہ پتھر زیادہ سے زیادہ کس اونچائی تک پہنچا تھا۔ پتھر کا کل نقل مکان (Displacement) اور اس کے ذریعے طے کیا گیا کل فاصلہ کتنا ہے؟

16۔زمین اور سورج کے مابین کشش ثقل کا حساب لگائیے۔دیا ہوا ہے: زمین کی کمیت = 6×10^{24} kg، سورج کی کمیت = 2×10^{30} kg، دونوں کے مابین اوسط فاصلہ = 1.5×10^{11} m۔

17۔ایک پتھر کو 100m اونچے مینار سے نیچے گرایا جاتا ہے اور اسی وقت ایک دوسرے پتھر کو زمین سے اوپر عمودی سمت میں 25 m/s کی رفتار سے پھینکا جاتا ہے۔حساب لگائیے کہ دونوں پتھر کب اور کہاں ملیں گے؟

18۔ایک اوپر عمودی سمت میں پھینکی گئی گیند، پھینکنے والے کے پاس 6s میں واپس آجاتی ہے۔معلوم کیجیے:

(a) رفتار جس سے گیند پھینکی گئی تھی۔

(b) ازحد اونچائی، جس تک گیند پہنچتی ہے۔

(c) 4s بعد اس کا مقام۔

19۔رقیق میں ڈوبائی گئی ایک شے پر قوتِ اچھال کس سمت میں کام کرتی ہے؟

20۔پلاسٹک کا ایک ٹکڑا پانی میں ڈالے جانے پر، پانی کی سطح پر اوپر کیوں آجاتا ہے؟

21۔ایک شے کے 50 g کا حجم $20\ cm^3$ ہے۔اگر پانی کی کثافت $1\ g\ cm^{-3}$ ہے، تو شے تیرے گی یا ڈوبے گی؟

22۔ایک سیل (مہر بند) کیے ہوئے 50 g کے پیکٹ کا حجم $350\ cm^3$ ہے۔یہ پیکٹ پانی میں ڈوبے گا یا تیرے گا؟ پانی کی کثافت $1\ g\ cm^{-3}$ ہے۔اس پیکٹ کے ذریعے ہٹائے گئے پانی کی کمیت کیا ہوگی؟

© NCERT not to be republished