

Chapter Review

- Work, energy and power have precise scientific meanings. Work done by a constant force = force $\times$ displacement in the direction of the force: $W = F \times s$. SI unit joule ($1 \text{ J} = 1 \text{ N} \times 1 \text{ m} = 1 \text{ kg m}^2/\text{s}^2$). Work has no direction but can be positive or negative. For a variable force, work = area under the force-displacement graph (for 10 N over 1 m the area is 10 J).
- Work is zero if force is zero, or if displacement is zero (pushing a rigid wall, holding a barbell steady, even though you feel tired), or if force is perpendicular to displacement (a girl carrying a box horizontally). Work is positive when displacement is along the force (pushing a wheelchair, lifting a dumbbell) and negative when displacement is opposite to the force (goalkeeper stopping a ball, lowering a dumbbell, friction).
- Work-energy theorem: work done on an object = change in its energy ($W = \text{change in } E$). Energy is the capacity to do work, unit joule. Positive work increases energy, negative work decreases it. Energy can also be transferred as heat, radiation, sound or electric current. Forms of energy: mechanical, thermal, light, sound, electrical, nuclear, chemical; one form changes into another (bulb: electrical to light and heat; food: chemical to mechanical).
- Kinetic energy is energy due to motion: $K = (1/2) m v^2$ (derived from $W = F s$, $F = ma$, $v^2 = u^2 + 2as$). It has no direction. Doubling the velocity makes KE 4 times. Example: cricket ball 0.2 kg at 43 m/s (154.8 km/h): $K = 184.9 \text{ J}$. Jet aircraft of 15000 kg stopped by a 367500 N wire in 100 m: $(1/2)(15000)v^2 = 367500 \times 100$, so $v = 70 \text{ m/s}$ (252 km/h).

- Potential energy is energy stored due to deformation (stretched rubber band, bent bow, spring) or due to relative positions in a system (magnets, charges, Earth and ball). Gravitational potential energy: $U = mgh$ (near the Earth's surface), work done in lifting slowly. A ball dropped from greater height makes a deeper depression in sand (Activity 7.1). Example: 0.2 kg ball raised 10 m: $U = 0.2 \times 10 \times 10 = 20 \text{ J}$.
- Mechanical energy = kinetic + potential. When only gravity acts, it is conserved: for a freely falling body potential energy lost = kinetic energy gained and the sum stays mgh . A pendulum bob reaches nearly the same height on both sides (Activity 7.2); it finally stops due to friction and air resistance. Example 7.8: slide of height h : $(1/2)mv^2 = mgh$, so $v = \sqrt{2gh}$, independent of mass and shape. Example 7.9: escape ramp at 30 degrees: $2000000 \text{ J} = (50000 + 50000) d$, so $d = 20 \text{ m}$.
- Power is the rate of doing work: $P = W/t$. SI unit watt ($1 \text{ W} = 1 \text{ J/s}$); 1 horse power = 746 W. Same work in less time needs more power. Example 7.10: lifting 75 kg by 2 m in 5 s: work 1500 J, power 300 W. Example 7.11: car of 1000 kg to 20 m/s in 10 s: work = $(1/2)(1000)(400) = 200000 \text{ J}$, power = 20000 W.
- Simple machines make work easier by changing the magnitude or direction of force; they do not reduce total work (no energy is created). Effort is the force applied, load is the force overcome. Mechanical advantage $MA = \text{load} / \text{effort}$. Fixed pulley: only changes direction, $MA = 1$; movable pulleys or systems of pulleys give MA more than 1 (cranes, lifts).
- Inclined plane: effort $F' \times L = mgh$ (ignoring friction), so $MA = mg/F' = L/h$. A longer, gentler slope needs less force over more distance (hill roads wind gently; sloping ladder is easier). Example 7.12: ramp height 30 cm, width 40 cm, length 50 cm: $MA = 50/30 = 1.67$.

- **Lever:** a rigid bar rotating about a fixed point (fulcrum) with load and effort. Principle: effort $\times$ effort arm = load $\times$ load arm ($F_1 d_1 = F_2 d_2$), $MA = \text{effort arm} / \text{load arm}$. The effort is smaller but moves through a larger distance, so work done is same. Example 7.13 seesaw: 15 kg at 2 m balances 30 kg at 1 m. Classes: Class I fulcrum in the middle (scissors, seesaw, crowbar); Class II load in the middle (wheelbarrow, bottle opener, lemon squeezer); Class III effort in the middle (tweezers, broom, tongs, oar). The gharat or panchakki uses water's potential energy turned into kinetic energy.

Key Terms

Work – $W = F \times s$ along the force; unit joule.

Joule – Work when 1 N moves an object 1 m.

Positive work – Displacement along the force.

Negative work – Displacement opposite to the force.

Energy – Capacity to do work; unit J.

Work-energy theorem – Work done = change in energy.

Kinetic energy – Energy of motion, $\frac{1}{2} m v^2$.

Potential energy – Stored energy; $U = mgh$ near Earth.

Mechanical energy – Kinetic + potential energy.

Conservation of mechanical energy – Total stays constant if only gravity acts.

Power – Rate of doing work, $P = W/t$; unit watt.

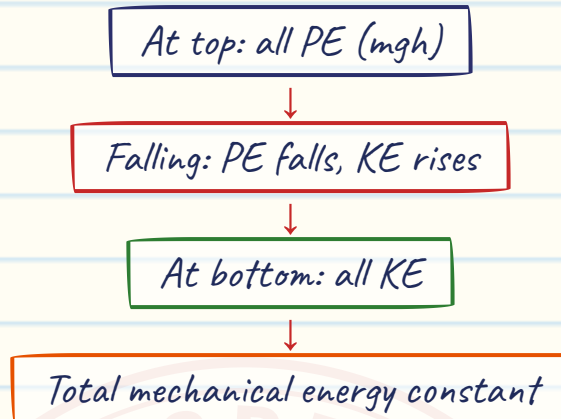
Mechanical advantage – Load / effort.

Fulcrum – Fixed point of a lever.

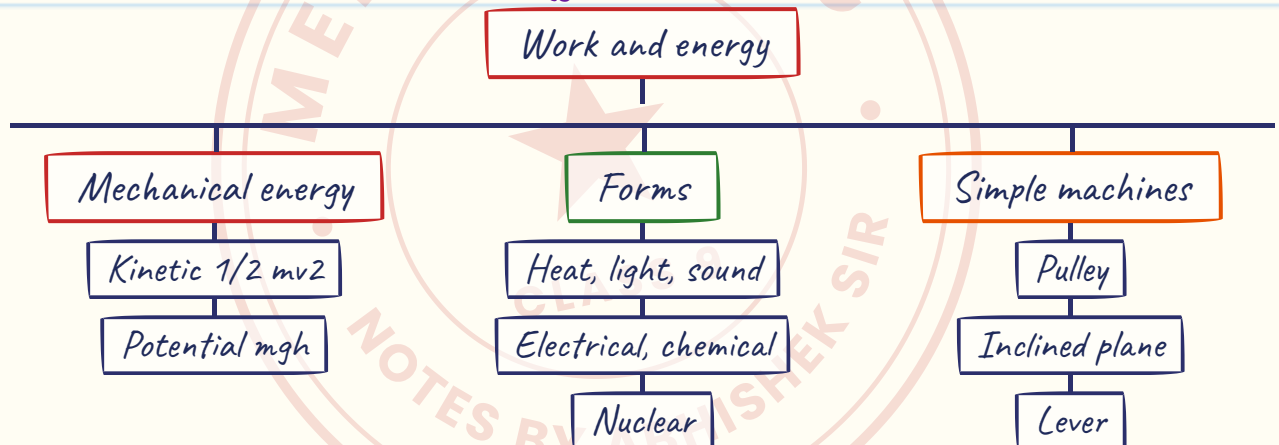
Effort / load – Force applied / force overcome.

Diagrams / Flowcharts

Falling object: energy change



Energy and machines



Positive versus Negative work

Positive

- Force and displacement same direction
- Energy increases
- Lifting a dumbbell
- Pushing a wheelchair

Negative

- Displacement opposite to force
- Energy decreases
- Goalkeeper stopping a ball
- Friction

Classes of levers

Class I / II

- I: fulcrum in the middle (seesaw, scissors)
- II: load in the middle (wheelbarrow)
- MA can be above 1

Class III

- Effort in the middle
- Tweezers, broom, oar
- MA less than 1

Key formulas

- $W = Fs$; $K = \frac{1}{2} mv^2$; $U = mgh$; $P = W/t$; $MA = \text{load/effort}$; inclined plane $MA = L/h$; lever: $F_1 d_1 = F_2 d_2$. Convert km/h to m/s by multiplying by 5/18.

Remember

- Same work, lower force means longer distance. Machines never give more work than put in.

Revise, Reflect, Refine and Pause and Ponder (with Answers)

Q.1 Q1. True or False: (i) Work is done when a force is applied even if the object does not move. (ii) Lifting a bucket up gives positive work. (iii) SI unit of work and energy is joule. (iv) A motionless stretched rubber band has kinetic energy. (v) Energy can change from one form to another.

Ans. (i) False (no displacement, no work). (ii) True. (iii) True. (iv) False (it has potential energy). (v) True.

Q.2 Q2. Fill in the blanks.

Ans. (i) force $\times$ displacement. (ii) 1 newton. (iii) $(\frac{1}{2}) mv^2$. (iv) mgh . (v) rate.

Q.3 Q3. A ball thrown upward is at its highest point. Which statements are correct?

Ans. (iii) and (iv). The force (gravity) and acceleration are not zero; velocity is zero so KE is zero and PE is maximum.

Q.4 Q4. Energy transformation in: (i) truck uphill (ii) unwinding watch spring (iii) photosynthesis (iv) water from a dam (v) burning matchstick (vi) exploding cracker (vii) speaking into microphone (viii) glowing bulb (ix) solar panel.

Ans. (i) Chemical (fuel) to kinetic and potential (and heat). (ii) Elastic potential to kinetic. (iii) Light to chemical. (iv) Potential to kinetic. (v) Chemical to heat and light. (vi) Chemical to heat, light, sound and kinetic. (vii) Sound to electrical. (viii) Electrical to light and heat. (ix) Light to electrical.

Q.5 Q5. A 50 kg student at height $h = 72.5 \text{ m}$ ($g = 10 \text{ m/s}^2$) by lift and by stairs: gain in potential energy and conclusion?

Ans. (i) $mgh = 50 \times 10 \times 72.5 = 36250 \text{ J}$. (ii) Same, 36250 J. (iii) Potential energy depends only on height gained, not on the path taken.

Q.6 Q6. A crane lifts mass m to the 10th floor, then to the 20th floor in double the time. More energy and power?

Ans. Energy to 20th floor is twice that to the 10th ($mg \times 20$ floors against $mg \times 10$ floors), so the energy needed doubles. Power = energy/time: $2W/2t = W/t$, so the power required is the same.

Q.7 Q7. Factors deciding the energy needed to raise a flag with a pulley? Does speed change the work? Speed doubled?

Ans. Energy depends on mass of the flag and the height ($W = mgh$). Slow or quick lifting gives the same work. If speed is doubled, time is halved so

power requirement doubles.

Q.8 Q8. Scooter (100 kg) with man 60 kg, next day son 40 kg also. Same speed in same time. Ratio of fuel used?

Ans. Energy = $(1/2)mv^2$. Day 1 mass 160 kg, day 2 mass 200 kg. Ratio of fuel = $160 : 200 = 4 : 5$.

Q.9 Q9. Seesaw: adult weighs twice the child and it is balanced. Show distances.

Ans. Child $\times$ child's distance = adult $\times$ adult's distance. Since adult = $2 \times$ child, the adult sits at half the distance of the child from the fulcrum (e.g., child 2 m, adult 1 m).

Q.10 Q10. A 2 kg ball is thrown up at 20 m/s. (i) Sign of the work by gravity going up and down. (ii) It reaches 19.4 m: work by air resistance?

Ans. (i) Upward: negative; downward: positive. (ii) KE at start = 400 J, PE at 19.4 m = $2 \times 10 \times 19.4 = 388$ J. Work by air resistance = $388 - 400 = -12$ J.

Q.11 Q11. 10 kg block, KE 180 J at 0 m, force graph (Fig. 7.37) from 0 to 4 m. Speed at 0 m and at 4 m? Any negative acceleration?

Ans. (i) $180 = (1/2)(10)v^2$ gives $v = 6$ m/s. (ii) Work = area under graph = $25 + 100 + 25 = 150$ J; KE = 330 J, $v = \sqrt{66}$, about 8.1 m/s. Force is always positive (in direction of motion), so no negative acceleration.

Q.12 Q12. Moon's gravity is $1/6$ of the Earth's. Ball reaches 8 m on Earth. How high on the Moon?

Ans. $h = u^2/2g$, so h is inversely proportional to g : $h = 8 \times 6 = 48$ m.

Q.13 Q13. 1000 kg car, Fig. 7.38: speed 35 m/s from A to B (0 to 1 s), then falls to 0 at C (3 s).

Ans. (i) Between A and B the car moves with constant speed 35 m/s (driver's reaction time). (ii) KE at A = $(1/2)(1000)(35)^2 = 612500$ J. (iii) Work by brakes B to C = change in KE = -612500 J. (iv) KE changes into heat (and sound) due to friction at the brakes and road.

Q.14 Q14. 0.5 kg ball, Fig. 7.39, at O velocity 0 and PE 30 J. Velocity at P, Q, R?

Ans. Total energy = 30 J. At P (PE about 20 J): KE = 10 J, $v = \sqrt{2 \times 10/0.5} = \sqrt{40}$, about 6.3 m/s. At Q (PE 30 J): KE = 0, $v = 0$. At R (PE 40 J): more than total energy, so the ball cannot reach R.

Q.15 Q15. A 1.5 kg coconut falls from 10 m tree on sand. (i) Velocity before impact (ii) depth if resistive force is 3000 N.

Ans. (i) $v = \sqrt{2gh} = \sqrt{200}$, about 14.1 m/s. (ii) KE = $mgh = 150$ J = $F \times d$, so $d = 150/3000 = 0.05$ m = 5 cm.

Q.16 PP1. Is a weightlifter holding a barbell steady doing work?

Ans. No; there is no displacement.

Q.17 PP2. Work done by friction on a sliding stack of coins?

Ans. Negative, since friction opposes the displacement.

Q.18 PP4. Masses m and $4m$ have the same KE. Ratio of velocities?

Ans. $(1/2)m v_A^2 = (1/2)(4m) v_B^2$, so $v_A/v_B = 2 : 1$.

Q.19 PPS-6. Does KE change with position at constant velocity? Does PE change in horizontal motion?

Ans. KE does not change. PE does not change horizontally but increases when raised vertically.

Q.20 PP9-10. Why are hill roads winding, and why is an inclined ladder easier?

Ans. A gentle slope has a longer length L for the same height, so less force is needed ($MA = L/h$ larger).

Q.21 PP11-12. Why is a spoon helpful to open a can lid? Why push the object close to the scissors fulcrum?

Ans. Spoon acts as a lever with a long effort arm. Closer to the fulcrum the load arm is shorter, so the cutting force is larger for the same effort.

Q.22 PP13. Why do real machines slow down and stop?

Ans. Friction and air resistance convert mechanical energy into heat, so no machine can keep working forever without an energy supply.

Board Exam Questions (Important)

Q.1 Define work. State its SI unit and when work done is zero.

Ans. $W = F \times s$ along the force; joule. Zero if $F = 0$, $s = 0$ or force is perpendicular to displacement.

Q.2 Derive the expression for kinetic energy.

Ans. $W = F s = ma \times (v^2 - u^2)/2a = (1/2) m (v^2 - u^2)$. For $u = 0$: $K = (1/2) m v^2$.

Q.3 Derive potential energy $U = mgh$.

Ans. Force needed to lift slowly $= mg$, displacement h , so work $= mgh$, stored as potential energy.

Q.4 State the law of conservation of mechanical energy with a free-fall example.

Ans. $KE + PE$ stays constant if only gravity acts; falling object loses PE and gains equal KE , total mgh .

Q.5 A body of 5 kg moves at 10 m/s. Find its KE; and the power if it is gained in 5 s from rest.

Ans. $KE = (1/2)(5)(100) = 250 \text{ J}$; power = $250/5 = 50 \text{ W}$.

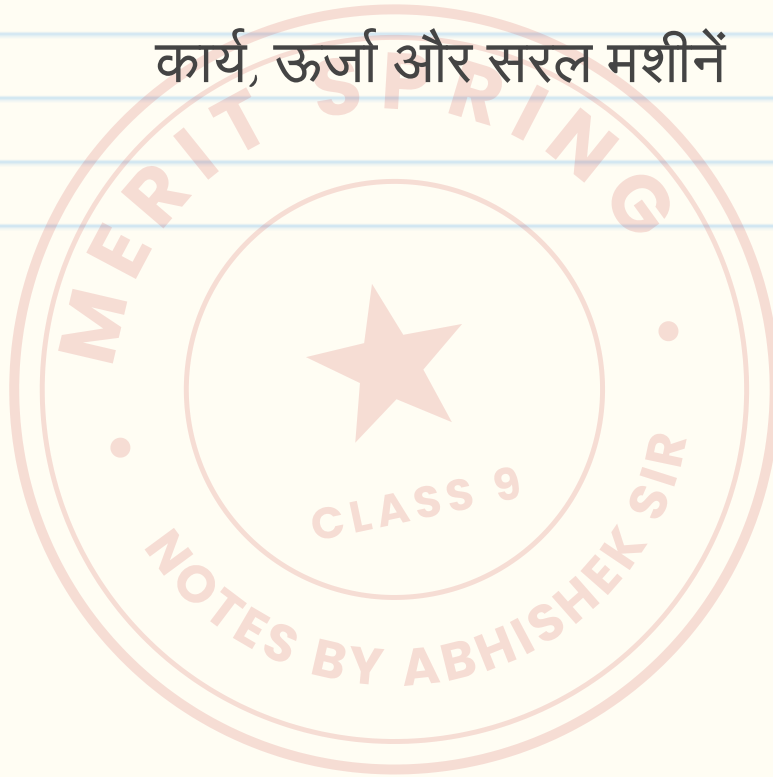
Q.6 Define mechanical advantage. Give MA of inclined plane and lever.

Ans. $MA = \text{load/effort}$; inclined plane L/h ; lever effort arm / load arm.



हिंदी संस्करण

कार्य, ऊर्जा और सरल मशीनें



अध्याय समीक्षा

- कार्य, ऊर्जा और शक्ति के वैज्ञानिक अर्थ निश्चित हैं। नियत बल द्वारा किया गया कार्य = बल $\times$ बल की दिशा में विस्थापन: $W = F \times s$ । SI मात्रक जूल ($1 \text{ J} = 1 \text{ N} \times 1 \text{ m} = 1 \text{ kg m}^2/\text{s}^2$)। कार्य की दिशा नहीं होती पर वह धनात्मक या ऋणात्मक हो सकता है। परिवर्ती बल के लिए कार्य = बल-विस्थापन ग्राफ के नीचे का क्षेत्रफल (10 N और 1 m के लिए 10 J)।
- कार्य शून्य होता है जब बल शून्य हो, या विस्थापन शून्य हो (दीवार को धकेलना, बारबेल को स्थिर पकड़ना, थकान होने पर भी), या बल विस्थापन के लंबवत हो (लड़की का बक्सा क्षैतिज ले जाना)। विस्थापन बल की दिशा में हो तो कार्य धनात्मक (व्हीलचेयर धकेलना, डंबल उठाना) और विपरीत हो तो ऋणात्मक (गोलकीपर द्वारा गेंद रोकना, डंबल नीचे लाना, घर्षण)।
- कार्य-ऊर्जा प्रमेय: वस्तु पर किया गया कार्य = उसकी ऊर्जा में परिवर्तन। ऊर्जा कार्य करने की क्षमता है, मात्रक जूल। धनात्मक कार्य से ऊर्जा बढ़ती और ऋणात्मक से घटती है। ऊर्जा ऊष्मा, विकिरण, ध्वनि या विद्युत धारा के रूप में भी स्थानांतरित होती है। ऊर्जा के रूप: यांत्रिक, ऊष्मीय, प्रकाश, ध्वनि, विद्युत, नाभिकीय, रासायनिक; एक रूप दूसरे में बदलता है (बल्ब: विद्युत से प्रकाश व ऊष्मा; भोजन: रासायनिक से यांत्रिक)।
- गतिज ऊर्जा गति के कारण ऊर्जा है: $K = (1/2) m v^2$ ($W = Fs$, $F = ma$, $v^2 = u^2 + 2as$ से)। इसकी दिशा नहीं होती। वेग दोगुना होने पर गतिज ऊर्जा 4 गुना। उदाहरण: 0.2 kg क्रिकेट गेंद 43 m/s (154.8 km/h): $K = 184.9 \text{ J}$ । 15000 kg जेट को 367500 N का तार 100 m में रोकता है: $(1/2)(15000)v^2 = 367500 \times 100$, अतः $v = 70 \text{ m/s}$ (252 km/h)।
- स्थितिज ऊर्जा विरूपण (खिंचा रबर, मुड़ा धनुष, स्प्रिंग) या निकाय में सापेक्ष स्थिति (चुंबक, आवेश, पृथ्वी-गेंद) के कारण संचित ऊर्जा है। गुरुत्वीय स्थितिज ऊर्जा $U = mgh$ (पृथ्वी की सतह के निकट)। अधिक ऊँचाई से गिरी गेंद रेत में अधिक गहरा गड्ढा बनाती है (क्रियाकलाप 7.1)। उदाहरण: 0.2 kg गेंद 10 m ऊँचाई पर: $U = 20 \text{ J}$ ।
- यांत्रिक ऊर्जा = गतिज + स्थितिज। केवल गुरुत्व बल लगे तो यह संरक्षित रहती है: मुक्त पतन में खोई स्थितिज ऊर्जा = पाई गतिज ऊर्जा और योग mgh रहता है। सरल लोलक का गोलक लगभग उतनी ही ऊँचाई तक पहुँचता है (क्रियाकलाप 7.2); घर्षण और वायु-प्रतिरोध से अंततः रुक जाता है। उदा. 7.8: ऊँचाई h की स्लाइड: $(1/2)mv^2 = mgh$, $v = \sqrt{2gh}$, द्रव्यमान और आकार पर निर्भर नहीं। उदा. 7.9: 30 डिग्री का पलायन रैंप: $2000000 \text{ J} = (50000 + 50000) d$, $d = 20 \text{ m}$ ।

- शक्ति कार्य करने की दर है: $P = W/t$ । SI मात्रक वाट ($1 \text{ W} = 1 \text{ J/s}$); 1 अश्व-शक्ति = 746 W। उतना ही कार्य कम समय में करने के लिए अधिक शक्ति चाहिए। उदा. 7.10: 75 kg को 2 m, 5 s में उठाना: कार्य 1500 J, शक्ति 300 W। उदा. 7.11: 1000 kg कार 10 s में 20 m/s तक: कार्य = 200000 J, शक्ति = 20000 W।
- सरल मशीनें बल का परिमाण या दिशा बदलकर कार्य आसान बनाती हैं, कुल कार्य कम नहीं करतीं (ऊर्जा नहीं बनती)। लगाया गया बल प्रयास, जिस बल को पार करना है वह भार। यांत्रिक लाभ $MA = \text{भार} / \text{प्रयास}$ । स्थिर घिरनी केवल दिशा बदलती है, $MA = 1$; चल घिरनी या घिरनी-निकाय से MA 1 से अधिक (क्रेन, लिफ्ट)।
- आनत तल: प्रयास $F' \times L = mgh$ (घर्षण नगण्य), अतः $MA = mg/F' = L/h$ । लंबा, कम ढाल वाला तल कम बल पर अधिक दूरी माँगता है (पहाड़ी सड़कें घुमावदार, तिरछी सीढ़ी आसान)। उदा. 7.12: ऊँचाई 30 cm, चौड़ाई 40 cm, लंबाई 50 cm: $MA = 50/30 = 1.67$ ।
- उत्तोलक: दृढ़ छड़ जो स्थिर बिंदु (आलंब) पर घूमती है। सिद्धांत: प्रयास $\times$ प्रयास भुजा = भार $\times$ भार भुजा ($F_1 d_1 = F_2 d_2$), $MA = \text{प्रयास भुजा} / \text{भार भुजा}$ । प्रयास कम पर अधिक दूरी चलता है, कार्य समान रहता है। उदा. 7.13 सीसों: 15 kg 2 m पर और 30 kg 1 m पर संतुलित। श्रेणियाँ: I आलंब बीच में (कैंची, सीसों, सब्बल); II भार बीच में (ठेला, बोतल-खोलक, नींबू निचोड़क); III प्रयास बीच में (चिमटी, झाड़ू, चप्पू)। घराट/पनचक्की पानी की स्थितिज ऊर्जा को गतिज ऊर्जा में बदलती है।

मुख्य शब्दावली

कार्य - $W = F \times s$ बल की दिशा में; मात्रक जूल।

जूल - 1 N बल से 1 m विस्थापन पर किया कार्य।

धनात्मक कार्य - विस्थापन बल की दिशा में।

ऋणात्मक कार्य - विस्थापन बल के विपरीत।

ऊर्जा - कार्य करने की क्षमता; मात्रक J।

कार्य-ऊर्जा प्रमेय - किया गया कार्य = ऊर्जा में परिवर्तन।

गतिज ऊर्जा - गति की ऊर्जा, $1/2 m v^2$ ।

स्थितिज ऊर्जा - संचित ऊर्जा; पृथ्वी के पास $U = mgh$ ।

यांत्रिक ऊर्जा - गतिज + स्थितिज ऊर्जा।

यांत्रिक ऊर्जा संरक्षण - केवल गुरुत्व लगे तो कुल ऊर्जा नियत।

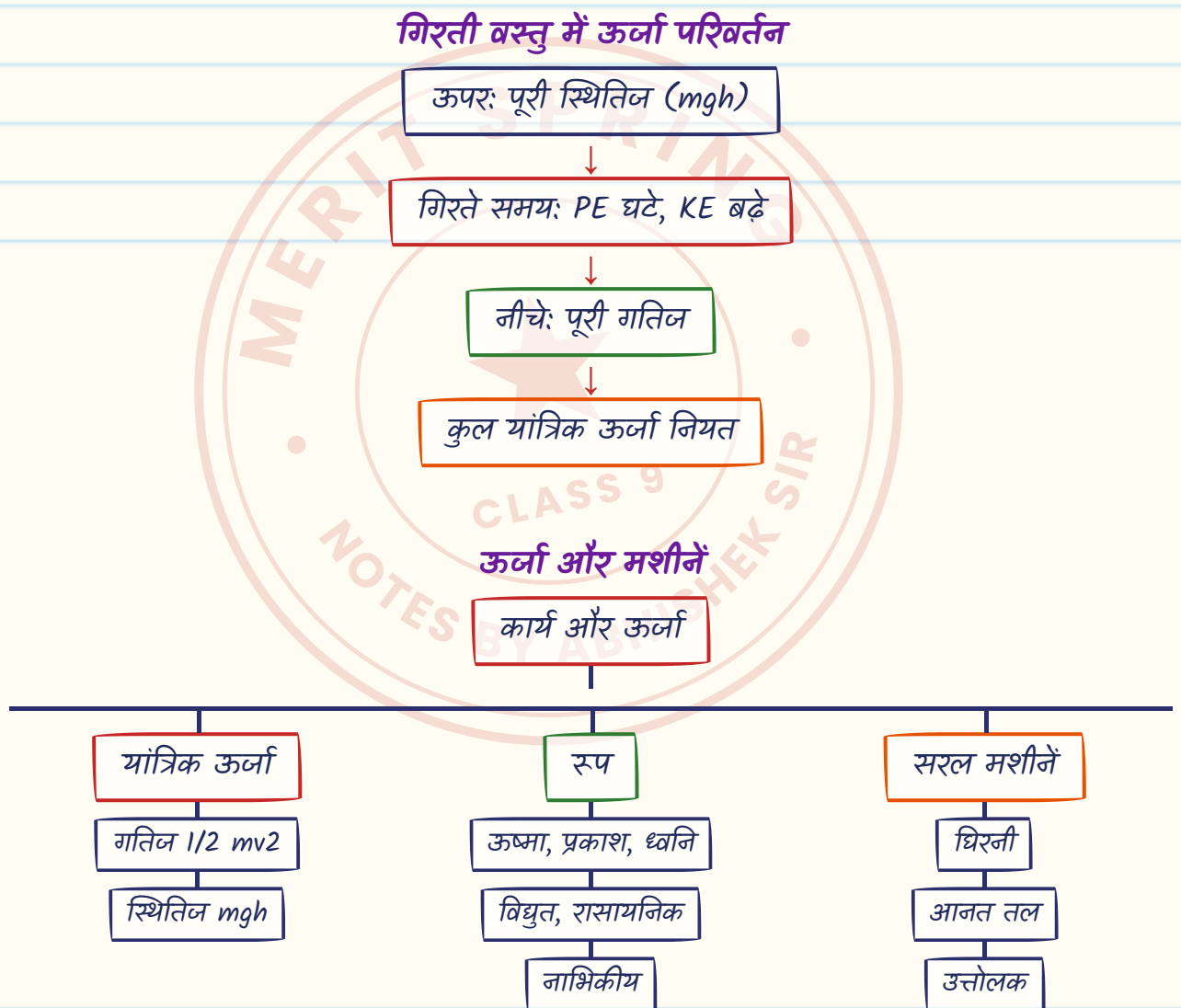
शक्ति - कार्य की दर, $P = W/t$; मात्रक वाट।

यांत्रिक लाभ - भार / प्रयास।

आलंब - उत्तोलक का स्थिर बिंदु।

प्रयास / भार - लगाया बल / पार किया जाने वाला बल।

आरेख / फ्लोचार्ट



धनात्मक बनाम ऋणात्मक कार्य

धनात्मक

- बल और विस्थापन एक दिशा
- ऊर्जा बढ़ती है
- डंबल उठाना
- व्हीलचेयर धकेलना

ऋणात्मक

- विस्थापन बल के विपरीत
- ऊर्जा घटती है
- गेंद रोकता गोलकीपर
- घर्षण

उत्तोलक की श्रेणियाँ

श्रेणी I / II

- I: आलंब बीच में (सीसों, कैची)
- II: भार बीच में (ठेला)
- $MA > 1$ से अधिक संभव

श्रेणी III

- प्रयास बीच में
- चिमटी, झाड़ू, चप्पू
- $MA < 1$ से कम

मुख्य सूत्र

- $W = Fs$; $K = \frac{1}{2} mv^2$; $U = mgh$; $P = W/t$; $MA = \text{भार/प्रयास}$; आनत तल $MA = L/h$; उत्तोलक: $F_1 d_1 = F_2 d_2$ | km/h को m/s में बदलने हेतु $5/18$ से गुणा।

याद रखें

- समान कार्य में कम बल का अर्थ अधिक दूरी। मशीन कभी दिए गए कार्य से अधिक कार्य नहीं देती।

दोहराएँ, सोचें, सुधारें और रुकें-सोचें (उत्तर सहित)

प्र.। प्र.। सही/गलत: (i) वस्तु न हिले तब भी बल लगाने से कार्य होता है। (ii) बाल्टी ऊपर उठाने पर धनात्मक कार्य। (iii) कार्य और ऊर्जा का SI मात्रक जूल। (iv) स्थिर खिंचे रबर बैंड में गतिज ऊर्जा। (v) ऊर्जा एक रूप से दूसरे में बदल सकती है।

उत्तर- (i) गलत (विस्थापन नहीं तो कार्य नहीं)। (ii) सही। (iii) सही। (iv) गलत (उसमें स्थितिज ऊर्जा है)। (v) सही।

प्र.2 प्र2. रिक्त स्थान भरिए।

उत्तर- (i) बल $\times$ विस्थापन। (ii) 1 न्यूटन। (iii) $(1/2) m v^2$ । (iv) mgh । (v) दूरी।

प्र.3 प्र3. ऊपर फेंकी गेंद उच्चतम बिंदु पर: कौन-से कथन सही?

उत्तर- (iii) और (iv)। बल (गुरुत्व) और त्वरण शून्य नहीं; वेग शून्य है अतः KE शून्य और PE अधिकतम।

प्र.4 प्र4. ऊर्जा रूपांतरण: (i) ऊपर चढ़ता ट्रक (ii) घड़ी की स्प्रिंग खुलना (iii) प्रकाश-संश्लेषण (iv) बाँध से बहता पानी (v) माचिस जलना (vi) पटाखा फटना (vii) माइक्रोफोन में बोलना (viii) जलता बल्ब (ix) सोलर पैनल।

उत्तर- (i) रासायनिक (ईंधन) से गतिज व स्थितिज (और ऊष्मा)। (ii) प्रत्यास्थ स्थितिज से गतिज। (iii) प्रकाश से रासायनिक। (iv) स्थितिज से गतिज। (v) रासायनिक से ऊष्मा व प्रकाश। (vi) रासायनिक से ऊष्मा, प्रकाश, ध्वनि व गतिज। (vii) ध्वनि से विद्युत। (viii) विद्युत से प्रकाश व ऊष्मा। (ix) प्रकाश से विद्युत।

प्र.5 प्र5. 50 kg छात्र $h = 72.5 \text{ m}$ ऊँची इमारत पर लिफ्ट से और सीढ़ियों से ($g = 10$)। स्थितिज ऊर्जा में वृद्धि? निष्कर्ष?

उत्तर- (i) $mgh = 50 \times 10 \times 72.5 = 36250 \text{ J}$ । (ii) वही, 36250 J। (iii) स्थितिज ऊर्जा केवल ऊँचाई पर निर्भर है, पथ पर नहीं।

प्र.6 प्र6. क्रेन m को 10वीं मंज़िल तक उठाती है, फिर दोगुने समय में 20वीं तक। कितनी अधिक ऊर्जा और शक्ति?

उत्तर- 20वीं मंज़िल तक ऊर्जा 10वीं की दोगुनी, अर्थात् ऊर्जा दोगुनी लगेगी। शक्ति = ऊर्जा/समय = $2W/2t = W/t$, अतः शक्ति समान।

प्र.7 प्र7. घिरनी से झंडा चढ़ाने में ऊर्जा किन कारकों पर निर्भर? क्या गति से कार्य बदलता है? गति दोगुनी हो तो शक्ति?

उत्तर- ऊर्जा झंडे के द्रव्यमान और ऊँचाई पर निर्भर ($W = mgh$)। धीरे या तेज़ चढ़ाने पर कार्य समान। गति दोगुनी तो समय आधा, अतः शक्ति दोगुनी।

प्र.8 प्र8. स्कूटर 100 kg पर पिता 60 kg; अगले दिन पुत्र 40 kg भी। समान समय में समान चाल। ईंधन का अनुपात?

उत्तर- ऊर्जा = $(1/2) m v^2$ । पहले दिन द्रव्यमान 160 kg, दूसरे दिन 200 kg। ईंधन का अनुपात = $160 : 200 = 4 : 5$

प्र.9 प्र9. सीसों पर वयस्क का भार बच्चे का दोगुना, फिर भी संतुलित। दूरियाँ दर्शाइए।

उत्तर- बच्चे का भार $\times$ दूरी = वयस्क का भार $\times$ दूरी। वयस्क बच्चे की आधी दूरी पर बैठेगा (जैसे बच्चा 2 m, वयस्क 1 m)।

प्र.10 प्र10. 2 kg गेंद 20 m/s से ऊपर फेंकी। (i) ऊपर और नीचे जाते समय गुरुत्व के कार्य का चिह्न (ii) 19.4 m ऊँचाई पर वायु-प्रतिरोध का कार्य?

उत्तर- (i) ऊपर जाते: ऋणात्मक; नीचे आते: धनात्मक। (ii) आरंभिक KE = 400 J, 19.4 m पर PE = 388 J। वायु-प्रतिरोध का कार्य = $388 - 400 = -12$ J

प्र.11 प्र11. 10 kg ब्लॉक, 0 m पर KE 180 J, चित्र 7.37 का बल ग्राफ 0 से 4 m। 0 m और 4 m पर चाल? क्या ऋणात्मक त्वरण?

उत्तर- (i) $180 = (1/2)(10)v^2$, $v = 6$ m/s। (ii) कार्य = क्षेत्रफल = $25 + 100 + 25 = 150$ J; KE = 330 J, $v = \sqrt{66}$, लगभग 8.1 m/s। बल हमेशा गति की दिशा में धनात्मक है, अतः ऋणात्मक त्वरण नहीं।

प्र.12 प्र12. चंद्रमा पर गुरुत्व पृथ्वी का 1/6। पृथ्वी पर गेंद 8 m ऊँची जाती है। चंद्रमा पर?

उत्तर- $h = u^2/2g$, अतः h , g के व्युत्क्रमानुपाती: $h = 8 \times 6 = 48$ m।

प्र.13 प्र13. 1000 kg कार, चित्र 7.38: A से B (0 से 1 s) चाल 35 m/s, फिर 3 s पर C पर शून्य।

उत्तर- (i) A से B कार 35 m/s की नियत चाल से चलती है (चालक का प्रतिक्रिया समय)।
(ii) A पर KE = $(1/2)(1000)(35)^2 = 612500$ J। (iii) B से C ब्रेक का कार्य = KE में परिवर्तन = -612500 J। (iv) KE ऊष्मा (और ध्वनि) में बदलती है।

प्र.14 प्र.14. 0.5 kg गेंद, चित्र 7.39, O पर वेग 0 और PE 30 J। P, Q, R पर वेग?

उत्तर- कुल ऊर्जा = 30 J। P पर (PE लगभग 20 J): $KE = 10 \text{ J}$, $v = \sqrt{2 \times 10/0.5} = \sqrt{40}$, लगभग 6.3 m/s। Q पर (PE 30 J): $KE = 0$, $v = 0$ । R पर PE 40 J कुल ऊर्जा से अधिक, अतः गेंद R तक नहीं पहुँच सकती।

प्र.15 प्र.15. 1.5 kg नारियल 10 m ऊँचे पेड़ से गीली रेत पर गिरता है। (i) टकराने से पहले वेग (ii) रेत का बल 3000 N हो तो गड्ढे की गहराई?

उत्तर- (i) $v = \sqrt{2gh} = \sqrt{200}$, लगभग 14.1 m/s। (ii) $KE = mgh = 150 \text{ J} = F \times d$, $d = 150/3000 = 0.05 \text{ m} = 5 \text{ cm}$ ।

प्र.16 रुकें-सोचें 1. बारबेल स्थिर पकड़े भारोत्तोलक क्या कार्य करती है?

उत्तर- नहीं; विस्थापन नहीं है।

प्र.17 रुकें-सोचें 2. सिक्कों की ढेरी पर घर्षण का कार्य?

उत्तर- ऋणात्मक, क्योंकि घर्षण विस्थापन का विरोध करता है।

प्र.18 रुकें-सोचें 4. m और 4m के पिंडों की KE समान। वेगों का अनुपात?

उत्तर- $(1/2)mv_A^2 = (1/2)(4m)v_B^2$, अतः $v_A/v_B = 2 : 1$ ।

प्र.19 रुकें-सोचें 5-6. नियत वेग पर KE स्थिति से बदलती है? क्षैतिज गति में PE?

उत्तर- KE नहीं बदलती। क्षैतिज गति में PE नहीं बदलती, ऊर्ध्वाधर ऊपर उठाने पर बढ़ती है।

प्र.20 रुकें-सोचें 9-10. पहाड़ी सड़कें घुमावदार क्यों? तिरछी सीढ़ी आसान क्यों?

उत्तर- कम ढाल पर उतनी ही ऊँचाई के लिए L अधिक, अतः कम बल लगता है ($MA = L/h$ अधिक)।

प्र.21 रुकें-सोचें 11-12. चम्मच से ढक्कन खोलना आसान क्यों? कैंची में कड़ी वस्तु आलंब के पास क्यों रखें?

उत्तर- चम्मच लंबी प्रयास भुजा वाला उत्तोलक है। आलंब के पास भार भुजा छोटी होती है, इसलिए उसी प्रयास पर काटने वाला बल अधिक।

प्र.22 रुकें-सोचें 13. असली मशीनें रुक क्यों जाती हैं?

उत्तर- घर्षण और वायु-प्रतिरोध यांत्रिक ऊर्जा को ऊष्मा में बदल देते हैं, इसलिए ऊर्जा आपूर्ति के बिना मशीन सदा नहीं चल सकती।

बोर्ड परीक्षा प्रश्न (महत्वपूर्ण)

प्र.1 कार्य की परिभाषा लिखिए, मात्रक बताइए और कार्य कब शून्य होता है?

उत्तर- $W = F \times s$ बल की दिशा में; जूल। $F = 0$, $s = 0$ या बल विस्थापन के लंबवत हो तो शून्य।

प्र.2 गतिज ऊर्जा का व्यंजक व्युत्पन्न कीजिए।

उत्तर- $W = F s = ma \times (v^2 - u^2)/2a = (1/2) m (v^2 - u^2)$ । $u = 0$ पर $K = (1/2) m v^2$ ।

प्र.3 स्थितिज ऊर्जा $U = mgh$ व्युत्पन्न कीजिए।

उत्तर- धीरे उठाने के लिए बल mg , विस्थापन h , अतः कार्य mgh जो स्थितिज ऊर्जा के रूप में संचित होता है।

प्र.4 मुक्त पतन के उदाहरण से यांत्रिक ऊर्जा संरक्षण समझाइए।

उत्तर- केवल गुरुत्व लगे तो $KE + PE$ नियत; गिरते पिंड की PE घटती और उतनी KE बढ़ती है, कुल mgh ।

प्र.5 5 kg पिंड 10 m/s से चल रहा है। KE और 5 s में विराम से यह पाने की शक्ति?

उत्तर- $KE = (1/2)(5)(100) = 250 \text{ J}$; शक्ति = $250/5 = 50 \text{ W}$ ।

प्र.6 यांत्रिक लाभ की परिभाषा; आनत तल और उत्तोलक का MA लिखिए।

उत्तर- $MA = \text{भार/प्रयास}$; आनत तल L/h ; उत्तोलक प्रयास भुजा / भार भुजा।