# IGCSE Physics Chapter 1 知识点复习

本部分按课本 Chapter 1 的学习顺序整理，定义和可直接写入试卷的句子保留中英双语，公式同时说明适用条件和常见误用。

## 官方范围地图 · 逐条不漏

官方必备基准：你提供的 Cambridge IGCSE Physics 0625 syllabus 2023 – 2025，Chapter 1，1.1 – 1.8；课程补充另行完整保留。

**怎样看范围**

本表只标识 syllabus 中的 Core 和 Supplement。考试若为 Extended，二者都要掌握。没有出现在 syllabus 中、但课程或课本可能涉及的定义、推导和应用没有删除，而是放在定义全库、公式使用指南和“课程拓展与辨析”中。

| 小节 | Core 必会 | Supplement / Extended 必会 |
|---|---|---|
| 1.1 Measurement | 直尺、量筒、时间测量；多次量小距离／短时间；单摆周期 | 标量与矢量；给定标量／矢量清单；两个直角矢量的合成 |
| 1.2 Motion | speed、velocity、average speed；d – t / speed – t 图；斜率、面积；g≈9.8 | acceleration；匀／变加速度；负加速度；有／无阻力下落与终端速度 |
| 1.3 Mass & weight | mass、weight、g=W/m；天平比较质量与重量 | 重力是重力场对质量的作用 |
| 1.4 Density | ρ=m/V；液体、规则与下沉不规则固体密度；由密度判断漂浮 | 由密度判断两种不相混液体谁浮在上方 |
| 1.5 Forces | 形变；load – extension 图和实验；同一直线合力；运动状态；摩擦／阻力；力矩、平衡、重心和稳定性 | k=F/x；比例限度；F=ma；圆周运动定性关系；复杂力矩；验证平衡时无合力矩 |
| 1.6 Momentum | Supplement：p=mv；冲量；一维动量守恒；F=Δp/Δt | |
| 1.7 Energy, work & power | 能量储存与转移；能量守恒；W=Fd=ΔE；能源；定性效率；P=W/t=ΔE/t | $E_k=\frac{1}{2}mv^2$；$\Delta E_p=mg\Delta h$；多阶段／Sankey；太阳来源例外；核聚变；效率公式 |
| 1.8 Pressure | p=F/A；力和面积对压强的影响；液体压强随深度和密度变化 | Δp=ρgΔh |

优先级提示：syllabus 明确不要求 elastic limit，也不要求圆周运动公式 $F=mv^2/r$；SUVAT、液压机、弹性势能和绝对压强公式也未在所提供文本中列出。它们仍收录在课程补充区，但不应挤占官方必备内容的复习时间。

## 01 · 测量与实验

Measurement · 从读数到可信的结论

测量题的关键是：选对仪器 → 正确读数 → 换单位 → 说明怎样减小误差。若你的课本 Chapter 1 是 Making measurements，优先读本节和第 04 节密度，再做相关练习。

### 物理量、单位与数量级

一个测量结果 = 数值 + 单位。长度用 m，质量用 kg，时间用 s；力 N、能量 J、功率 W、压强 Pa 都是导出单位。先估数量级，再接受计算器答案。

| 换算 | 牢记 | 易错点 |
|---|---|---|
| 前缀 | k = $10^3$；c = $10^{-2}$；m = $10^{-3}$；μ = $10^{-6}$ | 符号大小写有区别，m 也可能表示米，须看语境 |
| 长度 | 1 mm = $10^{-3}$ m；1 cm = $10^{-2}$ m | 毫米转米要除 1000 |
| 面积 | 1 $cm^2$ = $10^{-4}$ $m^2$ | 换算因子也要平方 |
| 体积 | 1 $cm^3$ = $10^{-6}$ $m^3$；1 mL = 1 $cm^3$；1 L = $10^{-3}$ $m^3$ | 1 $m^3$ = $10^6$ $cm^3$，不是 100 $cm^3$ |
| 其他 | 1 g = $10^{-3}$ kg；km/h ÷ 3.6 = m/s | 1 min 30 s = 90 s，不能写成 1.30 min |

### 仪器与操作

- **直尺**：零刻度对齐物体一端，视线垂直尺面防止视差；尺端磨损时用两次读数相减。
- **量筒**：放在水平桌面；眼睛与液面等高，水等凹液面读最低点。
- **排水法**：物体完全浸没，体积 $V = V_2 - V_1$；避免气泡；物体不能溶解或吸水。
- **小距离**：把 N 圈细线紧密并排绕在铅笔上，测总宽度 L，直径 d = L/N；或测一叠 N 张纸的厚度再除以 N。
- **短时间／单摆周期**：测 N 次完整振动总时间 t，T = t/N；同一参照点、同一运动方向计数，重复测量取平均。

### 准确度、精密度与误差

Accuracy **准确度**是接近真值的程度；precision **精密度**是重复结果彼此接近的程度；resolution **分辨率**是能分辨的最小变化。读数位数更多并不自动说明更准确。

> Random error **随机误差**

读数上下波动，例如反应时间变化。重复、剔除有理由的异常值并求平均，可减小随机误差影响。

Systematic error 系统误差
结果有一致偏向，例如天平零点偏移。校零、校准或修正；重复取平均不能消除这种偏差。

模拟仪器单次读数不确定度常按半个最小分度估计，但应服从题目约定；数字仪器须看其规格，不能一概套用。若老师教过：百分比不确定度 = 绝对不确定度 ÷ 测量值 × 100%。增加所测总长度或总时间，可降低相对影响。

### 数据与作图的得分步骤

1. 表头写 quantity / unit，如 time / s，不在每个数据格反复写单位。
2. 自变量画横轴，因变量画纵轴；轴名、单位齐全，刻度均匀且尽量充分利用图纸。
3. 点用小叉，画 best-fit line 或平滑曲线，不逐点折线硬连，不强迫过原点。
4. 求斜率时在拟合线上取两个相距较远的点，画大三角形，gradient = $\Delta y / \Delta x$，并写单位。
5. 实验描述包含改变什么、测什么、控制什么、重复什么，以及具体安全措施。

**例题 | 摆的周期**
20 次振动用时 31.6 s、32.0 s、31.8 s。平均总时间 = 31.8 s；T = 31.8/20 = 1.59 s。测多次振动减少反应时间对单个周期的相对影响；重复取平均减少随机波动。

## 实验全解 · 每句可直接写进试卷

覆盖 Chapter 1 明确要求的测量、密度、load – extension、力矩与重心实验。

▼ 实验 1 · Pendulum bob：测量单摆周期

### 题目可能怎样问

Describe how to determine the period of a pendulum accurately. / Explain why several oscillations are timed. / State how the length of the pendulum is measured.

### 装置与量

| 项目 | 答案 |
|---|---|
| Apparatus | clamp stand, string, pendulum bob, metre rule, stopwatch, fiducial marker |
| 摆长 l | 从悬点量到摆球中心，而不是量到球顶或球底 |
| 周期 T | 完成一次完整振动的时间；T=t/N |
| 一次完整振动 | 从一个位置出发，回到同一位置且运动方向相同 |

### 满分步骤

| | |
|---|---|
| EN Suspend the pendulum bob from a fixed point using a light string. | 中 用轻细线把摆球悬挂在固定点上。 |
| EN Measure the length of the pendulum from the point of suspension to the centre of the bob. | 中 从悬点量到摆球中心，得到摆长。 |
| EN Displace the bob through a small angle and release it without pushing. | 中 把摆球拉开一个小角度，不施加推力地释放。 |
| EN Place a fiducial marker at the equilibrium position. | 中 在平衡位置放置固定参照标记。 |
| EN Start the stopwatch as the bob passes the marker in a chosen direction. | 中 摆球沿选定方向通过标记时启动秒表。 |
| EN Measure the time t for N complete oscillations, for example 20 oscillations. | 中 测量 N 次完整振动的总时间 t，例如测 20 次。 |
| EN Calculate the period using T = t / N. | 中 用 T=t/N 计算周期。 |
| EN Repeat the timing and calculate the mean period. | 中 重复计时并计算平均周期。 |

### 为什么这样做

| | |
|---|---|
| EN Timing many oscillations makes the measured time larger, so the reaction-time error is a smaller fraction of the measurement. | 中 测量多次振动使总时间变大，因此反应时间误差占测量值的比例更小。 |
| EN Repeating the measurement and taking a mean reduces the effect of random error. | 中 重复测量并取平均可减小随机误差的影响。 |
| EN Using a fiducial marker makes the start and finish position consistent. | 中 使用固定参照标记能使开始和结束位置保持一致。 |
| EN A small angle is used so that the oscillations are regular. | 中 使用小角度，使振动更规则。 |

### 常见失分

- 只写 “time the pendulum”，没有写测 N 次完整振动。
- 把一端到另一端当成一次完整振动；这只是半次。
- 摆长量到摆球表面，没有量到摆球中心。
- 写 “repeat to make it accurate” 不够；应写减小随机误差并求平均。
- 说测多次能消除 stopwatch 的 systematic error；这不正确。

> **计算句型**
> 20 oscillations take 31.8 s. The period is T=31.8/20=1.59 s. / 20 次振动用时 31.8 s，周期为 1.59 s。

▼ **实验 2 · Ruler：长度和很小的距离**

| | |
|---|---|
| EN Place the ruler parallel to the length being measured. | 中 将直尺与被测长度平行放置。 |
| EN Align one end of the object with the zero mark. | 中 将物体一端与零刻度对齐。 |
| EN Read the scale with the eye perpendicular to the ruler to avoid parallax error. | 中 视线垂直尺面读数，以避免视差误差。 |
| EN If the zero end is damaged, record the readings at both ends and subtract them. | 中 若零端磨损，分别读出两端刻度并相减。 |
| EN For a small diameter, wind N turns closely together, measure the total length L and calculate d=L/N. | 中 测很小直径时，紧密并排绕 N 圈，测总宽度 L，再用 d=L/N。 |
| EN The turns must be close together with no gaps or overlaps. | 中 线圈必须紧密排列，不能留缝或重叠。 |

▼ **实验 3 · Measuring cylinder：液体体积与排水法**

| | |
|---|---|
| EN Place the measuring cylinder on a horizontal surface. | 中 把量筒放在水平桌面上。 |
| EN Read the bottom of the meniscus at eye level. | 中 视线与液面等高，读取凹液面的最低点。 |
| EN Choose the smallest measuring cylinder that can hold the required volume, because it usually has finer graduations. | 中 在能容纳液体的前提下选较小量程的量筒，因为其刻度通常更细。 |
| EN Record the initial volume V1, fully immerse the object, then record the final volume V2. | 中 记录初始体积 V1，使物体完全浸没，再记录最终体积 V2。 |
| EN The volume of the object is V2 − V1. | 中 物体体积等于 V2−V1。 |
| EN Ensure that the object is completely submerged and that no air bubbles are trapped. | 中 确保物体完全浸没且没有附着气泡。 |

| | |
|---|---|
| EN The object must not dissolve in or absorb the liquid. | 中 物体不能溶于液体，也不能吸收液体。 |

▼ 实验 4 · Density：液体、规则固体、不规则固体

### 液体

| | |
|---|---|
| EN Measure the mass m1 of the empty measuring cylinder. | 中 测空量筒质量 m1。 |
| EN Add a known volume V of the liquid and measure the new mass m2. | 中 加入已知体积 V 的液体，测总质量 m2。 |
| EN The mass of the liquid is m2−m1, so its density is (m2−m1)/V. | 中 液体质量为 m2−m1，因此密度为 (m2−m1)/V。 |

### 规则固体

| | |
|---|---|
| EN Measure the mass using a balance. | 中 用天平测量质量。 |
| EN Measure the required dimensions with a ruler and calculate the volume using the appropriate geometrical formula. | 中 用直尺测量所需尺寸，并用相应几何公式计算体积。 |
| EN Calculate the density using ρ=m/V. | 中 用 ρ=m/V 计算密度。 |

### 下沉的不规则固体

| | |
|---|---|
| EN Measure the mass using a balance and determine the volume by displacement. | 中 用天平测质量，并用排水法求体积。 |
| EN Calculate density by dividing the mass by the displaced volume. | 中 用质量除以排开液体的体积计算密度。 |

### 漂浮判断

| | |
|---|---|
| EN An object floats if its average density is less than the density of the liquid. | 中 物体平均密度小于液体密度时会漂浮。 |
| EN For two immiscible liquids, the less dense liquid floats on the denser liquid. | 中 两种不相混液体中，密度较小的液体浮在密度较大的液体上。 |

▼ 实验 5 · Load – extension：弹簧或弹性固体

| | |
|---|---|
| EN Clamp the spring beside a vertical ruler and measure its original length l0. | 中 把弹簧固定在竖直直尺旁，测量原长 l0。 |
| EN Add a known load and allow the spring to come to rest. | 中 加上已知载荷，并等待弹簧静止。 |
| EN Read the new length l at eye level and calculate the extension x=l−l0. | 中 视线与读数位置等高，读新长度 l，并计算伸长量 x=l−l0。 |
| EN Repeat for a range of loads, without exceeding the range specified in the experiment. | 中 对一系列不同载荷重复测量，并且不要超过实验指定范围。 |
| EN Plot load against extension. | 中 作 load – extension 图。 |
| EN In the straight-line region through the origin, load is directly proportional to extension. | 中 在通过原点的直线区域，载荷与伸长量成正比。 |

| | |
|---|---|
| EN The limit of proportionality is the point where the graph first stops being a straight line. | 中 图像首次偏离直线的位置就是比例限度。 |
| EN The spring constant is force per unit extension: k=F/x. | 中 弹簧常量是单位伸长量对应的力：k=F/x。 |

**范围提醒**：syllabus 明确写着不要求理解 elastic limit。不要把 elastic limit 当成本次必背定义。

▼ **实验 6 · Principle of moments：验证平衡时无合力矩**

| | |
|---|---|
| EN Balance a metre rule on a pivot and suspend known weights on both sides. | 中 把米尺支在支点上，在支点两侧悬挂已知重物。 |
| EN Adjust the positions until the rule is horizontal and stationary. | 中 调节重物位置，直到尺水平且静止。 |
| EN Measure the perpendicular distance from the pivot to the line of action of each force. | 中 测量支点到每个力作用线的垂直距离。 |
| EN Calculate each moment using moment=force × perpendicular distance. | 中 用力矩=力×垂直距离计算每个力矩。 |
| EN Compare the total clockwise moment with the total anticlockwise moment. | 中 比较顺时针总力矩与逆时针总力矩。 |
| EN For equilibrium, the total clockwise moment equals the total anticlockwise moment, so the resultant moment is zero. | 中 平衡时顺时针总力矩等于逆时针总力矩，因此合力矩为零。 |
| EN Repeat with different forces and distances. | 中 改变力和距离，重复实验。 |

▼ **实验 7 · Centre of gravity：不规则薄片重心**

| | |
|---|---|
| EN Make a small hole near the edge of the lamina and suspend it freely from a pin. | 中 在薄片边缘附近打一个小孔，用大头针将其自由悬挂。 |
| EN Hang a plumb line from the same pin. | 中 从同一大头针处悬挂铅垂线。 |
| EN When the lamina and plumb line are stationary, draw the vertical line on the lamina. | 中 薄片与铅垂线静止后，在薄片上画出竖直线。 |
| EN Repeat from a different suspension point. | 中 换另一个悬挂点重复。 |
| EN The centre of gravity is at the intersection of the lines. | 中 两条线的交点就是重心。 |
| EN A third suspension point may be used to check the result. | 中 可用第三个悬挂点检验结果。 |

▼ **实验 8 · Graphs：作图与斜率／面积**

| | |
|---|---|
| EN Put the independent variable on the horizontal axis and the dependent variable on the vertical axis. | 中 把自变量画在横轴，因变量画在纵轴。 |
| EN Label both axes with the quantity and unit and use a sensible linear scale. | 中 两轴都标物理量和单位，并使用合理的均匀刻度。 |
| EN Plot points accurately and draw a best-fit line or smooth curve. | 中 准确描点，并画最佳拟合直线或平滑曲线。 |
| EN For a gradient, use two well-separated points on the line and calculate $\Delta y/\Delta x$. | 中 求斜率时，在图线上取两个相距较远的点，计算 $\Delta y/\Delta x$。 |

| | |
|---|---|
| EN The gradient of a distance – time graph gives speed. | 中 路程—时间图的斜率表示速率。 |
| EN The gradient of a speed – time graph gives acceleration. | 中 速率—时间图的斜率表示加速度。 |
| EN The area under a speed – time graph gives distance travelled for constant speed or constant acceleration. | 中 在匀速或匀加速情况下，速率—时间图下的面积表示路程。 |

## 双语答题句库 · 按 syllabus 顺序

每一句都对应 1.1 – 1.8 的考查要求，可直接用于定义、描述、解释和比较题。

▼ 1.1 Physical quantities and measurement techniques

| | |
|---|---|
| EN A scalar quantity has magnitude only. | 中 标量只有大小。 |
| EN A vector quantity has magnitude and direction. | 中 矢量既有大小又有方向。 |
| EN Distance, speed, time, mass, energy and temperature are scalar quantities. | 中 路程、速率、时间、质量、能量和温度是标量。 |
| EN Force, weight, velocity, acceleration, momentum, electric field strength and gravitational field strength are vector quantities. | 中 力、重力、速度、加速度、动量、电场强度和重力场强度是矢量。 |
| EN For two perpendicular vectors, the magnitude of the resultant is found using Pythagoras and its direction is found using trigonometry or an accurate scale drawing. | 中 对于两个相互垂直的矢量，合矢量大小可用勾股定理求出，方向可用三角函数或准确比例图求出。 |

▼ 1.2 Motion

| | |
|---|---|
| EN Speed is distance travelled per unit time. | 中 速率是单位时间内通过的路程。 |
| EN Velocity is speed in a given direction. | 中 速度是沿指定方向的速率。 |
| EN Average speed is total distance travelled divided by total time taken. | 中 平均速率等于总路程除以总时间。 |
| EN A horizontal section on a distance – time graph shows that the object is at rest. | 中 路程—时间图中的水平线段表示物体静止。 |
| EN A straight sloping line on a distance – time graph shows constant speed. | 中 路程—时间图中的倾斜直线表示匀速运动。 |
| EN A steeper gradient on a distance – time graph means a greater speed. | 中 路程—时间图的斜率越大，速率越大。 |
| EN A horizontal section above zero on a speed – time graph shows constant non-zero speed. | 中 速率—时间图中位于零上方的水平线段表示以非零恒定速率运动。 |
| EN Acceleration is the change in velocity per unit time. | 中 加速度是单位时间内速度的变化。 |
| EN Constant gradient on a speed – time graph means constant acceleration. | 中 速率—时间图的斜率恒定表示加速度恒定。 |
| EN Changing gradient on a speed – time graph means changing acceleration. | 中 速率—时间图的斜率变化表示加速度变化。 |
| EN Deceleration is negative acceleration. | 中 减速是负加速度。 |

| | |
|---|---|
| EN Near the surface of the Earth, the acceleration of free fall is approximately constant at 9.8 m/s². | 中 在地球表面附近，自由落体加速度近似恒定，为 9.8 m/s²。 |
| EN Without air resistance, a falling object has constant acceleration g. | 中 忽略空气阻力时，下落物体具有恒定加速度 g。 |
| EN As a falling object speeds up, air resistance increases while its weight remains constant. | 中 下落物体速率增大时，空气阻力增大，而重力保持不变。 |
| EN The resultant downward force decreases, so the acceleration decreases. | 中 向下合力减小，因此加速度减小。 |
| EN At terminal velocity, air resistance equals weight, the resultant force is zero and the object falls at constant velocity. | 中 达到终端速度时，空气阻力等于重力，合力为零，物体以恒定速度下落。 |
| ▼ 1.3 – 1.4 Mass, weight and density | |
| EN Mass is a measure of the quantity of matter in an object at rest relative to the observer. | 中 质量是相对于观察者静止的物体所含物质的量度。 |
| EN Weight is the gravitational force on an object that has mass. | 中 重力是重力场对有质量物体施加的力。 |
| EN Gravitational field strength is force per unit mass. | 中 重力场强度是单位质量所受的力。 |
| EN Gravitational field strength is equivalent to the acceleration of free fall. | 中 重力场强度在数值上等同于自由落体加速度。 |
| EN A balance can be used to compare masses and weights. | 中 天平可用来比较质量和重量。 |
| EN Density is mass per unit volume. | 中 密度是单位体积的质量。 |
| EN An object floats if its density is less than the density of the liquid. | 中 物体密度小于液体密度时会漂浮。 |
| EN The less dense of two immiscible liquids floats on the denser liquid. | 中 两种不相混液体中，密度较小者浮在密度较大者上方。 |
| ▼ 1.5 Forces | |
| EN Forces may change the size or shape of an object. | 中 力可以改变物体的大小或形状。 |
| EN The resultant force is the single force that has the same effect as all the forces acting together. | 中 合力是与所有力共同作用具有相同效果的一个力。 |
| EN An object remains at rest or continues in a straight line at constant speed unless acted on by a resultant force. | 中 除非受到合力作用，物体保持静止或沿直线匀速运动。 |
| EN A resultant force can change the speed or direction of motion and therefore change velocity. | 中 合力可以改变运动速率或方向，因此改变速度。 |
| EN Solid friction is a force between two surfaces that may impede motion and produce heating. | 中 固体摩擦是两接触面之间可能阻碍运动并产生热的力。 |
| EN Drag acts on an object moving through a liquid or a gas. | 中 物体在液体或气体中运动时受到阻力。 |

| | |
|---|---|
| EN Spring constant is force per unit extension. | 中 弹簧常量是单位伸长量对应的力。 |
| EN The limit of proportionality is the point beyond which load is no longer directly proportional to extension. | 中 比例限度是超过该点后载荷不再与伸长量成正比的位置。 |
| EN The resultant force equals mass multiplied by acceleration, and force and acceleration are in the same direction. | 中 合力等于质量乘以加速度，且力与加速度方向相同。 |
| EN For circular motion, the force is perpendicular to the direction of motion. | 中 做圆周运动时，力与运动方向垂直。 |
| EN With mass and radius constant, increasing the force increases the speed. | 中 质量和半径不变时，增大力可提高速率。 |
| EN With mass and speed constant, increasing the force decreases the radius. | 中 质量和速率不变时，增大力会减小半径。 |
| EN At constant speed and radius, a larger mass requires a larger force. | 中 速率和半径不变时，质量越大，所需力越大。 |
| EN The moment of a force is a measure of its turning effect. | 中 力矩是力的转动效果的量度。 |
| EN The moment equals force multiplied by the perpendicular distance from the pivot. | 中 力矩等于力乘以支点到力作用线的垂直距离。 |
| EN For an object in equilibrium, there is no resultant force and no resultant moment. | 中 物体平衡时，合力为零且合力矩为零。 |
| EN The centre of gravity is the point through which the entire weight of an object may be considered to act. | 中 重心是可认为物体全部重力集中作用的点。 |
| EN A lower centre of gravity generally makes an object more stable. | 中 重心越低，物体通常越稳定。 |
| EN An object topples when the line of action of its weight falls outside its base. | 中 重力作用线越出支承面时，物体倾倒。 |

▼ 1.6 Momentum

| | |
|---|---|
| EN Momentum is mass multiplied by velocity. | 中 动量等于质量乘以速度。 |
| EN Impulse is force multiplied by the time for which the force acts, and it equals the change in momentum. | 中 冲量等于力乘以力的作用时间，并且等于动量变化。 |
| EN In an isolated system, total momentum before an interaction equals total momentum after the interaction. | 中 在孤立系统中，相互作用前的总动量等于相互作用后的总动量。 |
| EN Resultant force is the change in momentum per unit time. | 中 合力是单位时间内的动量变化。 |
| EN Increasing the stopping time reduces the average force for the same change in momentum. | 中 在动量变化相同时，延长停止时间会减小平均力。 |

▼ 1.7 Energy, work and power

| | |
|---|---|
| EN Energy may be stored as kinetic, gravitational potential, chemical, elastic, nuclear, electrostatic and internal energy. | 中 能量可以储存在动能、重力势能、化学能、弹性能、核能、静电能和内能中。 |

| | |
|---|---|
| EN Energy can be transferred mechanically by forces, electrically by currents, by heating and by waves. | 中 能量可通过力的机械做功、电流做功、加热以及波来转移。 |
| EN Energy cannot be created or destroyed; it is transferred between stores. | 中 能量不能被创造或消灭，只能在不同储存之间转移。 |
| EN Mechanical or electrical work done is equal to the energy transferred. | 中 机械功或电功等于所转移的能量。 |
| EN Power is work done per unit time or energy transferred per unit time. | 中 功率是单位时间所做的功或单位时间转移的能量。 |
| EN Efficiency is useful energy output divided by total energy input, or useful power output divided by total power input. | 中 效率等于有用输出能量除以总输入能量，或有用输出功率除以总输入功率。 |
| EN A Sankey diagram shows energy transfers; the width of each arrow represents the amount of energy. | 中 桑基图表示能量转移，箭头宽度表示能量多少。 |
| EN Radiation from the Sun is the main source of energy for all listed energy resources except geothermal, nuclear and tidal energy. | 中 除地热、核能和潮汐能外，所列能源的主要来源都是太阳辐射。 |
| EN Energy is released by nuclear fusion in the Sun. | 中 太阳通过核聚变释放能量。 |
| EN Research is investigating the large-scale generation of electricity using energy released by nuclear fusion. | 中 研究正在探索如何利用核聚变释放的能量大规模发电。 |

▼ **能源发电过程与评价句**

| | |
|---|---|
| EN In a fossil-fuel power station, fuel heats water in a boiler, steam turns a turbine and the turbine drives a generator. | 中 在化石燃料电站中，燃料在锅炉中加热水，蒸汽推动涡轮机，涡轮机带动发电机。 |
| EN Biofuels store chemical energy and are renewable if they are replanted at a sustainable rate. | 中 生物燃料储存化学能；若以可持续速度重新种植，则属于可再生能源。 |
| EN Water behind a dam stores gravitational potential energy and turns turbines as it flows down. | 中 水坝后的水储存重力势能，向下流动时推动涡轮机。 |
| EN Wave and tidal systems use the movement of water to drive generators. | 中 波浪和潮汐发电装置利用水的运动驱动发电机。 |
| EN Geothermal energy uses thermal energy from inside the Earth. | 中 地热能利用地球内部的热能。 |
| EN Nuclear fuel releases energy that is used to produce steam, which turns a turbine connected to a generator. | 中 核燃料释放的能量用于产生蒸汽，蒸汽推动与发电机相连的涡轮机。 |
| EN Solar cells convert light from the Sun directly into electrical energy. | 中 太阳能电池直接把太阳光转化为电能。 |
| EN Solar panels absorb infrared and other electromagnetic radiation from the Sun to heat water. | 中 太阳能集热板吸收太阳的红外线和其他电磁辐射来加热水。 |
| EN Wind is caused by uneven heating of the Earth by radiation from the Sun. | 中 风由太阳辐射造成的地表受热不均产生。 |

| | |
|---|---|
| EN Renewability describes whether a resource is naturally replaced; reliability describes whether it can supply energy when required. | 中 可再生性描述能源能否自然补充；可靠性描述能源能否在需要时供能。 |
| EN Wind and solar resources are renewable but their output depends on weather conditions. | 中 风能和太阳能可再生，但输出受天气条件影响。 |
| EN Fossil fuels are reliable and can generate on demand, but they are non-renewable and release carbon dioxide when burned. | 中 化石燃料可靠、可按需发电，但不可再生，燃烧会释放二氧化碳。 |
| EN Nuclear power can generate large amounts of energy without burning fossil fuel, but radioactive waste must be stored safely. | 中 核电无需燃烧化石燃料便可产生大量能量，但放射性废物必须安全储存。 |

▼ 1.8 Pressure

| | |
|---|---|
| EN Pressure is force per unit area. | 中 压强是单位面积上的力。 |
| EN For the same force, decreasing the area increases the pressure. | 中 在力相同时，减小面积会增大压强。 |
| EN For the same area, increasing the force increases the pressure. | 中 在面积相同时，增大力会增大压强。 |
| EN The pressure beneath the surface of a liquid increases with depth. | 中 液面下压强随深度增加。 |
| EN At the same depth, a denser liquid produces a greater pressure increase. | 中 在相同深度，密度较大的液体产生更大的压强增加。 |

## 02 · 标量与矢量

Scalars & vectors · 先规定正方向

**标量** scalar只有大小；**矢量** vector既有大小又有方向。

| 标量 | 矢量 |
|---|---|
| distance 路程、speed 速率、mass 质量、time 时间、energy 能量、temperature 温度、density 密度、pressure 压强 | displacement 位移、velocity 速度、acceleration 加速度、force 力、weight 重力、momentum 动量 |

走一圈回起点：路程可以很大，位移为零；平均速率非零，平均速度可以为零。英文题中 speed 与 velocity 必须区分，中文口语“速度”常会混用。

### 合成规则

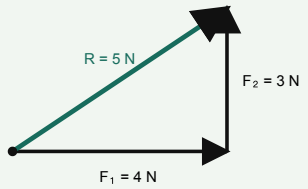
- 同一直线上：先选正方向，顺向为正、反向为负，再作代数和。10 N 向右与 6 N 向左，合力 4 N 向右。
- 互相垂直：可用比例作图／首尾相接，或 $R = \sqrt{(F_1^2 + F_2^2)}$。3 N 向东 + 4 N 向北 = 5 N，方向北偏东约 36.9°（或东偏北 53.1°）。
- 一般方向：按给定比例画箭头，首尾相接；合矢量从第一个起点指向最后一个终点，用尺和量角器量大小、方向。

> 速度大小恒定，方向改变，仍有加速度。匀速圆周运动中合力指向圆心；物体瞬时速度沿切线。

### 力的合成图怎么画

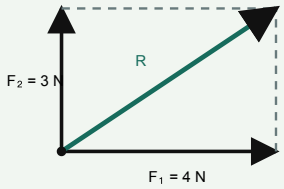
图解法的核心不是“画一条斜线”，而是准确表示每个力的大小和方向。考试通常接受 head-to-tail method **首尾相接法** 或 parallelogram method **平行四边形法**。

**方法一：首尾相接法**




1. 选比例尺，例如 1 cm represents 1 N。
2. 按比例和方向画第一个力 $F_1$，标箭头。
3. 从 $F_1$ 的箭头尖端出发，画第二个力 $F_2$。
4. 从第一个力的起点画到最后一个力的终点；这条箭头就是合力 R。
5. 量 R 的长度并按比例尺换算，量出它相对于指定方向的角度。

**方法二：平行四边形法**




1. 从同一点按比例画两个力。
2. 过每个箭头尖端，分别画一条与另一个力平行的虚线，完成平行四边形。
3. 从共同起点画到对角顶点；对角线就是合力 R。
4. 不要画另一条对角线，也不要把合力画成两个力尖端之间的线。

### 直角力的计算核对

$R = \sqrt{(F_1^2+F_2^2)}$　　tan θ = opposite / adjacent

图中 4 N 向右和 3 N 向上互相垂直，所以 $R=\sqrt{(4^2+3^2)}=5$ N。若 θ 从“向右”方向量起，$\tan\theta=3/4$，所以 $\theta\approx36.9°$ above the horizontal（水平线上方 36.9°）。若题目要求从竖直方向量，角度则是 53.1°。

### 可直接写入试卷的双语答案

| | |
|---|---|
| EN Choose a suitable scale and draw the first force to scale in the correct direction. | 中 选择合适比例尺，并按正确方向和比例画出第一个力。 |
| EN Draw the second force from the head of the first vector. | 中 从第一个矢量的箭头尖端画出第二个力。 |
| EN Draw the resultant from the tail of the first vector to the head of the final vector. | 中 从第一个矢量的起点画到最后一个矢量的终点，得到合力。 |
| EN Measure the length and direction of the resultant and convert its length using the scale. | 中 测量合力的长度和方向，并按比例尺换算其大小。 |

力的箭头必须同时表示大小和方向。首尾相接法中第二个力的起点可以平移到第一个力的箭头尖端，但不能旋转或改变长度。合力方向由第一个起点指向最后终点。

## 03 · 运动与图像

Motion · 斜率和面积比背形状更重要

平均速率 = 总路程 / 总时间　　$a = \Delta v / \Delta t$

加速度描述速度变化率，单位 $m/s^2$。正负号表示方向。平均速率不是两段速率的简单平均，除非两段用时相等。

| 图像 | 斜率 | 面积 | 形状解读 |
|---|---|---|---|
| distance – time 路程 – 时间 | 速率 | 一般无本章常用意义 | 水平 = 静止；直线 = 恒速；变陡 = 速率增加。累计路程不应随时间下降 |
| displacement – time 位移 – 时间 | 速度，可为负 | 一般不用 | 斜率负 = 向负方向运动，不是“负路程” |
| speed – time 速率 – 时间 | 直线段为速率变化率；直线单方向运动可对应加速度 | 路程 | 水平线在零以上 = 恒速运动；纵坐标为零 = 瞬时静止 |
| velocity – time 速度 – 时间 | 加速度 | 有符号面积 = 位移；面积绝对值相加 = 路程 | 过横轴后表示反向运动；负斜率并不总是减速 |

### 曲线和分段图

曲线上一点的瞬时变化率用该点**切线**斜率；跨一段的平均值用两端割线。分段图先分成三角形、矩形、梯形，分别求面积再相加。轴的单位不是秒或 m/s 时先换算。

> **例题 | 三阶段运动**
> 物体从静止 4 s 内匀加速至 12 m/s，保持 5 s，再用 3 s 匀减速到零。加速度 = 12/4 = 3 m/s²；末段 a = (0−12)/3 = −4 m/s²。路程 = ½×4×12 + 5×12 + ½×3×12 = 102 m；平均速率 = 102/12 = 8.5 m/s。

### 自由落体与终端速度

忽略空气阻力时，近地表各物体的自由落体加速度相同。本次考试按老师要求 g = 9.8 m/s²，不要沿用旧真题常见的 10。

1. 刚释放：速率很小，空气阻力很小，重力大于阻力，向下加速。
2. 速率增加 → 阻力增加 → 向下合力减小 → 加速度减小。
3. 阻力 = 重力：合力零、加速度零，保持非零的终端速率。
4. 降落伞打开：阻力一度大于重力，合力向上，而人仍向下运动并减速；最终以较小终端速率下落。

> 向上抛物体最高点：瞬时速度为零，但若只受重力，加速度仍为 9.8 m/s² 向下。终端速度：加速度为零，但速度并非零。

## 04 · 质量、重力与密度

Mass, weight & density · 单位必须成套

> $W = mg$　　$\rho = m / V$

**质量** mass表示物体所含物质的量，也衡量惯性，单位 kg，用天平测量；**重力** weight是重力场对物体的力，单位 N，可用测力计测量。g 的单位 N/kg 与 m/s² 等价。到月球质量不变，重力随当地 g 改变。

ρ 用 kg/m³ 时，m 用 kg、V 用 m³；ρ 用 g/cm³ 时，可配 g 和 cm³。1 g/cm³ = 1000 kg/m³。同种均匀材料在相同条件下，质量随体积成比例，密度并不因取一块较大的样品就改变。

### 密度实验：把步骤写完整

- **规则固体**：天平称质量；测尺寸，长方体 V = lwh，圆柱 V = πr²h，再算 m/V。直径须除 2 才得到半径。
- **不规则固体**：先称干燥物体质量；记录量筒液体初读数；完全浸没记录终读数；两读数之差为体积，再求密度。
- **液体**：称空量筒 $m_1$，再称量筒与已知体积液体的总质量 $m_2$；$\rho = (m_2 - m_1)/V$。不能把容器质量算进去。

> **例题 | 排水法**
> 金属质量 156 g，量筒从 40 cm³ 升到 60 cm³。V = 20 cm³，ρ = 156/20 = 7.8 g/cm³ = 7800 kg/m³。重力 = 0.156×9.8 = 1.53 N（3 s.f.）。

### 漂浮

漂浮静止时：浮力 = 重力；完全浸没且悬浮平衡时也如此。平均密度小于液体通常会漂浮；空心船看整体平均密度。漂浮物体越重，需排开越多液体。只说“向上的力更大所以静止漂浮”是错误的：那会产生向上加速度。

## 05 · 力与牛顿定律

Forces · 解释题写出因果链

> $F_{resultant} = ma$　　$F = kx$（比例限度以内）

### 用受力图思考

把研究对象单独画出，箭头从物体出发，标明重力、支持力、拉力、摩擦力／阻力等真实作用力。只画“作用在这个物体上”的力。合力是这些力的矢量和，别再把合力当作额外的第五个力。

- Newton I：合力为零时，物体保持静止或沿直线匀速运动；恒速运动不需要非零合力。
- Newton II：合力使物体加速；固定质量，a 与 F 成正比；固定合力，a 与 m 成反比。
- Newton III（**若课堂要求**）：相互作用的两个力大小相等、方向相反、作用于不同物体。桌面对书的支持力和地球对书的重力不是一对作用反作用力。

摩擦阻碍接触面的相对运动或相对运动趋势；阻力阻碍物体相对流体的运动，并使能量向内能转移。摩擦也有用，例如走路、轮胎抓地、刹车。静摩擦力会随情况改变，不能总认为它等于某个固定最大值。

> **例题 | 驱动力不是合力**

质量 800 kg 的车受向前 2400 N 驱动力和向后 800 N 阻力。合力 1600 N；$a = 1600/800 = 2.0\ m/s^2$。若后来恒速，则向前驱动力与总阻力平衡。

### 弹簧与比例限度

伸长量 x = 受力后长度−原长。比例限度以内，F 与 x 成正比，k 为弹簧常量，单位 N/m；同一载荷下 k 越大，伸长越小。若图是 F 对 x，直线斜率为 k；若 x 对 F，斜率为 1/k。

limit of proportionality **比例限度**是图像首次偏离直线的位置。测弹簧时先记录原长，逐次加砝码，等待静止再读数，用指针与水平视线减小视差。你提供的 syllabus 明确说明不要求理解 elastic limit。

### 圆周运动

匀速圆周运动的速率不变、速度方向改变，因此有指向圆心的加速度和合力。提供向心合力的可以是拉力、摩擦或引力；“向心力”不是额外的一类力。定性关系：相同半径、质量下速率越大，所需合力越大；相同速率、质量下半径越小，所需合力越大。绳断后物体沿当时切线方向离开。

## 06 · 力矩、平衡与稳定

Moments & equilibrium · 垂直距离是关键

moment = force × perpendicular distance　　$M = Fd_{\perp}$

平衡：$\Sigma F = 0$，且 $\Sigma M_{clockwise} = \Sigma M_{anticlockwise}$

力矩是力对支点的转动作用，单位 N m，虽然与 J 的单位量纲相同，但力矩不写作焦耳。d 是支点到**力的作用线**的垂直距离，不一定是支点到施力点的长度。通过支点的力，力矩为零。

**例题 | 平衡杆**

支点左侧 0.30 m 处有 20 N 向下的力，右侧 0.50 m 处向下施力 F，忽略杆重。$20 \times 0.30 = F \times 0.50$，得 F = 12 N。竖直方向平衡，支点支持力 = 20 + 12 = 32 N。

均匀杆的重心在几何中点；杆有重力时必须计入。取支点处作力矩参考，常能消去未知支持力。只有合力零还不足以确保无转动；两大小相等、方向相反但作用线不同的力可产生转动作用。

### 重心与稳定性

Centre of gravity：可认为物体全部重力集中作用的点。重心越低、底面越宽，通常越稳定。倾斜物体的重力作用线仍落在支承底面内，通常能恢复；越出边缘时，重力产生使其继续倾倒的力矩。

**找不规则薄片重心**：从一个孔自由悬挂薄片；在同一悬挂点挂铅垂线，画出竖直线；换另一悬挂点重复；两线交点为重心，用第三次悬挂验证。自由悬挂静止时重心位于悬点正下方。

## 07 · 动量与冲量

Momentum & impulse · Extended 内容重点

$p = mv$　　$\text{impulse} = F\Delta t = \Delta p$　　$F = \Delta p / \Delta t$

动量单位 kg m/s；冲量单位 N s，与 kg m/s 等价。动量、冲量均有方向。恒力时 $F\Delta t$ 可直接使用；变力时用平均力，或由 F – t 图下面积求冲量。

### 守恒条件

系统所受**合外力为零**（或相互作用短时间内外力冲量可忽略），总动量保持不变。碰撞前总动量 = 碰撞后总动量。必须对同一系统、同一正方向列式。

**例题 | 碰撞后粘在一起**

0.40 kg 小车以 +3.0 m/s 撞上静止的 0.20 kg 小车并粘合。$0.40 \times 3.0 + 0 = (0.40 + 0.20)v$；v = +2.0 m/s。初动能 1.8 J，末动能 1.2 J，动量守恒但动能不守恒，0.6 J 转移到内能、声音等。

**例题 | 反弹必须带符号**

0.10 kg 球以 +8 m/s 撞墙，随后以 −6 m/s 返回。$\Delta p = 0.10(-6-8) = -1.4$ kg m/s。接触 0.020 s，则平均力 = −1.4/0.020 = −70 N，大小 70 N，方向与原运动方向相反。

安全气囊／软垫的解释链：相同初末速度 → 动量变化相同 → 增加停止时间 → 减小平均合力。不要说“气囊减小了动量变化”或笼统说“吸收力”。爆炸／反冲：若初总动量为零，末总动量仍为零，两部分动量大小相等、方向相反；质量小者速率较大。

## 08 · 能量、功、功率与效率

Energy, work & power · 先选系统，再列能量账

> $E_k = \frac{1}{2}mv^2$　　$\Delta E_p = mg\Delta h$　　$W = Fd$
> $P = W/t = \Delta E/t$　　$\eta$ = 有用输出能量 / 总输入能量 × 100%

能量与功单位 J；功率单位 W（1 W = 1 J/s）。机械功中的 d 是**沿力方向**移动的距离；初中常用 W = Fd 的情形，力与运动同方向。举重不动时对重物的机械功为零，尽管人的身体仍消耗化学能。

### 储存与转移不能混写

能量储存形式包括 kinetic、gravitational potential、chemical、elastic、nuclear、electrostatic、internal。能量可通过机械做功、电流做功、加热、波（包括光与声音）转移。能量不会被创造或消灭；所谓“浪费”是分散到环境、难以再用于目的的能量。

- 下落：重力势能储存减少，动能储存增加；有阻力时部分转移到物体和空气的内能。
- 刹车：车的动能通过摩擦作用转移到刹车和环境的内能，可能伴随声音。
- 提升：电能输入，经电动机机械做功使重力势能增加，也有向环境的能量转移。
- Sankey 图：箭头宽度代表能量，输入 = 有用输出 + 其他输出，效率不能超过 100%。

> **例题 | 多步效率**
> 电动机用 5.0 s 把 20 kg 物体提升 2.0 m。势能增加 = 20×9.8×2.0 = 392 J；有用输出功率 = 392/5.0 = 78.4 W。若输入功率 120 W，则输入能量 600 J，效率 = 392/600 = 65.3%。

### 能量法的适用条件

忽略空气阻力，从静止下降时，可用能量守恒把减少的重力势能与增加的动能对应；有阻力时，减少的重力势能一部分增加动能，另一部分转移到内能等储存。速率翻倍，动能变成 4 倍；高度变化翻倍，重力势能变化翻倍。

> W 可表示 work（功），单位 W 又表示 watt（瓦）；p 常表示动量，而压强也可能写 p。先读题意，不靠字母猜公式。

## 09 · 能源与发电

Energy resources · 评价要结合情境

可再生并不等于随时可用，也不等于没有环境影响。评价题从可靠性、功率／选址、建造／运行成本、环境影响中选与题目直接相关的两三点，形成比较。

| 能源 | 能量路径／来源 | 优势与局限 |
|---|---|---|
| 化石燃料 | 化学能 → 加热水形成蒸汽 → 涡轮 → 发电机 | 可按需求发电；不可再生，燃烧产生 $CO_2$，部分燃料产生其他污染物 |
| 核裂变 | 核能 → 内能 → 涡轮 → 发电机 | 高能量密度、运行时低 $CO_2$ 排放；放射性废物处理、成本和退役问题；不可再生 |
| 风 | 空气动能 → 涡轮 → 发电机 | 可再生、无燃料成本；间歇性、选址和噪声／景观问题 |
| 水电 | 水的重力势能 → 动能 → 涡轮 → 发电机 | 有水库时响应快；需合适地形，淹没土地并影响生态，受降水影响 |
| 潮汐／波浪 | 潮汐水位差／海浪运动驱动发电 | 潮汐时间可预测但并非持续；选址有限、海洋设备维护困难 |
| 太阳能电池 | 太阳辐射 → 电能，直接转换 | 可再生；受昼夜天气影响。太阳能集热器用于加热，与太阳能电池不同 |
| 地热 | 地球内部能量 → 加热／蒸汽 → 发电 | 较稳定；适合地点有限、钻井成本高 |
| 生物燃料 | 生物质化学能 → 加热等 | 在可持续再生下属可再生；燃烧仍排 $CO_2$，涉及土地与粮食竞争 |

太阳内部通过**核聚变** fusion释放能量；常规核电站采用**核裂变** fission。风、水循环带来的水电、波浪及化石燃料的能量可追溯到太阳；地热、核裂变和主要由月球／太阳引力作用造成的潮汐，不归为太阳辐射供能。

## 10 · 压强与液体

Pressure · 面积换算最容易失分

> $p = F / A$　　$\Delta p = \rho g \Delta h$

压强是单位面积上垂直作用的力，单位 Pa = N/m²。相同力下，接触面积越小压强越大；刀刃锋利可增加压强，雪鞋较宽可减小压强。力要用垂直于接触面的分量。

> **例题 | 固体压强**
> 重力 490 N，接触面积 250 cm² = 0.0250 m²。p = 490/0.0250 = 19 600 Pa。先把 cm² 转成 m²，而不是除以 100。

### 液体内部

静止液体的压强随深度和密度增加；同种连通静止液体、同一水平面压强相同，与容器形状无关。pgh 通常给出液柱造成的**压强差／表压**；若问绝对压强，还要加液面上方的气体压强。

> **例题 | 水深**
> 水的密度 1000 kg/m³，深 0.80 m，液柱压强 = 1000×9.8×0.80 = 7840 Pa。面积 0.020 m² 的小平面若承受该均匀压强差，净作用力 = ΔpA = 156.8 N。

本章只要求定性说明液体压强随深度和密度增大，并在 Supplement 使用 $\Delta p=\rho g \Delta h$。

## 11 · 英文答题与易错清单

Exam language · 每句话都对应一个物理理由

| 指令 | 应该交什么 | 常见失分 |
|---|---|---|
| State / Give | 直接给结论、名称或数值 | 绕圈解释却没有明确答案 |
| Define | 精确定义，包含“per unit…”等关键关系 | 只举例，没有定义 |
| Describe | 描述现象／趋势／实验步骤，引用数据 | 只说 increases，不说哪个量、何时如何增加 |
| Explain | 物理原因 → 中间变化 → 结果 | 重复题干，缺少合力／动量等机制 |
| Calculate / Determine | 列式 → 代入 → 结果 + 单位；需要时给方向 | 只有计算器结果，缺过程分 |
| Compare | 用 same / greater / smaller 等直接比较双方 | 分开描述，却没有比较 |

### 可用于答题的简短表达

- Weight is the gravitational force acting on an object.
- Acceleration is the change in velocity per unit time.
- Density is mass per unit volume.
- Pressure is force acting normally per unit area.
- The resultant force is zero, so the object moves with constant velocity.
- The stopping time increases. For the same change in momentum, the average force decreases.
- Air resistance increases as speed increases, reducing the resultant downward force.
- Energy is transferred to the internal energy stores of the brakes and surroundings.

### 交卷前快速检查

## 定义全库 · 中英对照

82 组官方要求与课程补充术语 · 先用中文理解，再遮住中文复述英文。

本库同时收录 syllabus 明确要求的定义和课程内容中常用于解释题的术语。标有“课堂补充”的项目不代表官方 syllabus 要求背诵，但仍保留完整中英表达，便于覆盖课本相关内容。

### 测量

Physical quantity · **物理量**

EN　A measurable property expressed by a numerical value and a unit.

**中**　可以测量、以数值和单位表示的性质。

辨析：只写数字而没有单位，通常不能完整表达测量结果。

Scalar quantity · **标量**

EN　A quantity that has magnitude only.

**中**　只有大小的物理量。

辨析：例：路程、速率、质量、能量、密度、压强。

Vector quantity · **矢量**

EN　A quantity that has both magnitude and direction.

**中**　同时有大小和方向的物理量。

辨析：例：位移、速度、加速度、力、重力、动量。

Period · **周期**

EN The time taken for one complete oscillation.

**中** 完成一次完整振动所需的时间。

辨析：从左端到右端只完成半次振动；单位 s。

Accuracy · **准确度**

EN How close a measured value is to the true value.

**中** 测量值接近真值的程度。

辨析：读数位数多，不保证准确度高。

Precision · **精密度**

EN How close repeated measurements are to one another.

**中** 重复测量值彼此接近的程度。

辨析：一组结果可能很精密，但因零误差而不准确。

Resolution · **分辨率**

EN The smallest change in a quantity that an instrument can distinguish.

**中** 仪器能够分辨的被测量的最小变化。

辨析：不是仪器量程。

Random error · **随机误差**

EN Unpredictable variations in measurements that cause readings to scatter.

**中** 使读数出现不可预测波动、分散的误差。

辨析：重复测量取平均可减小其影响。

Systematic error · **系统误差**

EN An error that biases measurements in a consistent way.

**中** 以一致方式使测量结果产生偏差的误差。

辨析：重复取平均不能消除这种偏差。

Zero error · **零误差**

EN A non-zero reading when the true measured value is zero.

**中** 被测真实值为零时，仪器示值不为零的误差。

辨析：修正读数 = 示值−零误差，负零误差也要按符号相减。

Parallax error · **视差误差**

EN An error caused by viewing a scale from an incorrect angle.

**中** 观察刻度的视线角度不正确造成的读数误差。

辨析：视线垂直刻度；量筒读数时眼睛与液面等高。

Independent / dependent / control variable · **自变量／因变量／控制变量**

EN The independent variable is changed; the dependent variable is measured; control variables are kept constant.

**中** 实验主动改变的量／观察测量其响应的量／保持不变以保证公平比较的量。

辨析：描述实验时应写具体量名，不能只写 keep it fair。

One newton · **一牛顿**

EN The resultant force that gives a mass of one kilogram an acceleration of one metre per second squared.

**中** 使质量为 1 kg 的物体产生 1 $m/s^2$ 加速度的合力。

辨析：1 N = 1 kg $m/s^2$；不是 1 kg 物体的重力。

## 运动

Distance · **路程**

EN The total length of the path travelled by an object.

**中** 物体运动路径的总长度。

辨析：标量；走回起点路程并非零。

Displacement · **位移**

EN The change in position in a specified direction.

**中** 沿指定方向的位置变化。

辨析：矢量；由起点指向终点，不是实际绕行路径长度。

Speed · **速率**

EN The distance travelled per unit time.

**中** 单位时间内通过的路程。

辨析：标量；英文 speed 不应定义成 displacement/time。

Average speed · **平均速率**

EN The total distance travelled divided by the total time taken.

**中** 总路程除以总时间。

辨析：停留时间也须计入全程时间。

Velocity · **速度**

EN The rate of change of displacement.

**中** 位移随时间的变化率。

辨析：矢量；亦可表述为 speed in a specified direction。

Average velocity · **平均速度**

EN The displacement divided by the time taken.

**中** 位移除以所用时间。

辨析：往返运动中可为零，即使平均速率不为零。

Acceleration · **加速度**

EN The change in velocity per unit time.

**中** 单位时间内速度的变化。

辨析：必须写 velocity，不只是 speed；方向改变也会产生加速度。

Deceleration · **减速**

EN A decrease in speed; the acceleration acts opposite to the velocity.

**中** 速率减小的运动，加速度方向与速度方向相反。

辨析：负加速度不总表示减速，必须同时看速度方向。

Uniform acceleration · **匀加速度**

EN Acceleration that remains constant with time.

**中** 大小和方向均不随时间改变的加速度。

辨析：在相等时间间隔内速度变化相同；不是速率相同。

Free fall · **自由落体**

EN Motion under the action of gravity alone.

**中** 只在重力作用下的运动。

辨析：有显著空气阻力时不能按严格自由落体处理。

Terminal velocity · **终端速度**

EN The constant velocity reached when the resultant force on a falling object is zero.

**中** 下落物体合力变为零后达到的恒定速度。

辨析：简单空气下落模型中阻力 = 重力；速度非零、加速度为零。

## 力与物质

Mass · **质量**

EN A measure of the quantity of matter in an object.

**中** 物体所含物质的量的量度。

辨析：单位 kg；质量也与惯性大小有关，但不是重力。

Weight · **重力**

EN The gravitational force acting on an object.

**中** 重力场作用在物体上的引力。

辨析：单位 N；随当地重力场强度变化。

Gravitational field strength · **重力场强度**

EN The gravitational force per unit mass at a point.

**中** 某点单位质量所受的重力。

辨析：g=W/m，单位 N/kg，与自由落体加速度的数值对应。

Gravitational field · **重力场**

EN A region in which a mass experiences a gravitational force.

**中** 质量放入其中会受到引力作用的空间区域。

辨析：不是“有空气的地方”；真空中仍可以有引力。

Density · **密度**

EN The mass per unit volume of a substance.

**中** 单位体积物质的质量。

辨析：per unit volume 是关键词；不是物体“有多重”。

Force · **力**

EN A push or pull that can change an object’s motion or shape.

**中** 能改变物体运动状态或形状的推或拉的作用。

辨析：运动状态是否改变取决于合力，不是某一个力是否存在。

Resultant force · **合力**

EN A single force that has the same effect as all the forces acting together.

**中** 与各个力共同作用产生相同效果的一个力。

辨析：是矢量和；也可由单位时间动量变化来表述。

Friction · **摩擦力**

EN A force that opposes relative motion or the tendency of relative motion between surfaces in contact.

**中** 阻碍接触面之间相对运动或相对运动趋势的力。

辨析：不一定与物体相对地面的运动方向相反。

Drag / air resistance · **流体阻力／空气阻力**

EN A force that opposes motion relative to a fluid.

**中** 阻碍物体相对流体运动的力。

辨析：空气和水都是流体；简单下落题中阻力随速率增大。

Inertia · **惯性（课堂补充）**

EN The tendency of an object to resist a change in its velocity.

**中** 物体抵抗其速度变化的性质。

辨析：不是一种向前的力；质量越大，惯性越大。

Extension · **伸长量**

EN The increase in length of an object from its original length.

**中** 物体长度相对原长的增加量。

辨析：$x = l - l_0$，不是 $l$；压缩时可另外定义压缩量。

Spring constant · **弹簧常量**

EN The force per unit extension in the proportional region.

**中** 成正比区域内，单位伸长量所对应的力。

辨析：$k=F/x$，单位 N/m；越大表示弹簧越硬。

Limit of proportionality · **比例限度**

EN The point beyond which extension is no longer directly proportional to the applied force.

**中** 超过该点后，伸长量不再与施加的力成正比。

辨析：从 $F-x$ 图开始偏离直线判断；不要与弹性限度混为一谈。

Elastic limit · **弹性限度（课堂补充）**

EN The limit beyond which an object does not fully return to its original shape when the force is removed.

**中** 超过后即使撤去外力，物体也不能完全恢复原状的限度。

辨析：涉及能否恢复；比例限度涉及 F 与 x 是否成正比。

Elastic deformation · **弹性形变**

EN A change in shape that is reversed when the deforming force is removed.

**中** 撤去形变力后能够恢复的形变。

辨析：Plastic deformation 塑性形变在卸载后留下永久形变。

Centripetal force · **向心合力**

EN The resultant force towards the centre that maintains circular motion.

**中** 维持圆周运动、指向圆心的合力。

辨析：可由引力、摩擦或拉力提供，不额外再加一个力。

Newton’s third law · **牛顿第三定律（课堂补充）**

EN When two objects interact, they exert forces of equal magnitude and opposite direction on each other.

**中** 两个物体相互作用时，它们对彼此施加大小相等、方向相反的力。

辨析：两个力作用于不同物体，不会在同一个物体的受力图中互相抵消。

Normal contact force · **支持力／法向接触力**

EN The contact force perpendicular to the surfaces in contact.

**中** 接触面之间垂直于接触面的作用力。

辨析：normal 表示垂直；不总是竖直向上，也不总等于重力。

Tension · **拉力**

EN The pulling force transmitted through a stretched string, rope or cable.

**中** 绷紧的细线、绳索或缆线所传递的拉力。

辨析：方向沿绳；绳只能拉而不能推。

## 转动与平衡

Moment of a force · **力矩**

EN The product of a force and the perpendicular distance from the pivot to its line of action.

**中** 力与支点到该力作用线的垂直距离的乘积。

辨析：也描述力的转动效果；单位 N m。

Principle of moments · **力矩平衡原理**

EN For an object in equilibrium, the sum of clockwise moments about a point equals the sum of anticlockwise moments about that point.

**中** 物体平衡时，绕同一点的顺时针力矩总和等于逆时针力矩总和。

辨析：必须绕同一个点计算；每个力都要用自己的力臂。

Equilibrium · **平衡**

EN A state in which both the resultant force and the resultant moment are zero.

**中** 合力为零且合力矩为零的状态。

辨析：静止是可能的情况；也可保持直线匀速运动。

Centre of gravity · **重心**

EN The point through which the whole weight of an object may be considered to act.

**中** 可认为物体全部重力集中作用的点。

辨析：不一定在物体内部，例如某些环形物体。

Stable equilibrium · **稳定平衡**

EN An object returns towards its original position after a small displacement.

**中** 小幅偏离原位置后，物体趋于回到原位置的平衡。

辨析：通常偏离时重心升高，重力产生恢复作用。

Unstable equilibrium · **不稳定平衡**

EN An object moves further from its original position after a small displacement.

**中** 小幅偏离后继续远离原位置的平衡。

辨析：通常偏离时重心降低。

Neutral equilibrium · **随遇平衡**

EN An object remains in its new position after a small displacement.

**中** 小幅移动后能在新位置保持平衡。

辨析：典型情况中重心高度不变；不是“不受力”。

## 动量

Momentum · **动量**

EN The product of an object’s mass and velocity.

**中** 物体质量与速度的乘积。

辨析：p=mv，矢量，单位 kg m/s。

Impulse · **冲量**

EN The product of a force and the time for which it acts; it equals the change in momentum.

**中** 力与其作用时间的乘积，等于动量变化。

辨析：$F\Delta t=\Delta p$；变力时 F 为平均力。

Conservation of momentum · **动量守恒**

EN The total momentum of a system remains constant if the resultant external force on it is zero.

**中** 系统合外力为零时，总动量保持不变。

辨析：必须说明系统与外力条件；守恒的是总动量，不是每个物体的动量。

Elastic / inelastic collision · **弹性／非弹性碰撞（概念补充）**

EN In an elastic collision total kinetic energy is conserved; in an inelastic collision it is not.

**中** 弹性碰撞总动能守恒；非弹性碰撞总动能不守恒。

辨析：外冲量可忽略时两类都可动量守恒；粘合是完全非弹性碰撞。

## 能量

Energy · **能量**

EN The capacity to do work.

**中** 做功的本领。

辨析：传统定义可用于理解；更要会区分储存与转移。

Kinetic energy · **动能**

EN Energy an object has because of its motion.

**中** 物体由于运动而具有的能量。

辨析：取决于质量与速率平方，单位 J。

Gravitational potential energy · **重力势能**

EN Energy associated with an object’s position in a gravitational field.

**中** 与物体在重力场中的位置有关的能量。

辨析：近地面常求变化 $mg\Delta h$；高度相对所选参考面。

Elastic potential energy · **弹性势能**

EN Energy stored in an object when it is stretched or compressed elastically.

**中** 物体被弹性拉伸或压缩时储存的能量。

辨析：计算 $\frac{1}{2}kx^2$ 仅在适用的线性弹簧模型中，属课堂补充。

Chemical energy store · **化学能储存**

EN Energy stored in the chemical arrangement of a substance.

**中** 储存在物质化学结构中的能量。

辨析：燃料、食物、电池；能量是转移而不是凭空产生。

Nuclear energy store · **核能储存**

EN Energy associated with the structure of atomic nuclei.

**中** 与原子核结构有关的能量。

辨析：裂变、聚变可释放能量；不是化学燃烧。

Internal energy · **内能**

EN The total random kinetic energy and intermolecular potential energy of the particles in a system.

**中** 系统中粒子无规则运动的动能与粒子间势能的总和。

辨析：与整件物体平移的宏观动能不同；概念横跨热学。

Electrostatic energy store · **静电能储存**

EN Energy associated with the relative positions of interacting electric charges.

**中** 与相互作用电荷的相对位置有关的能量。

辨析：本章知道储存类别即可，不必提前套用电学公式。

Work done · **功**

EN Energy transferred by a force when it moves an object through a distance in the direction of the force.

**中** 力使物体沿其方向移动一定距离时转移的能量。

辨析：力存在但物体没有位移时，对该物体不做机械功。

Power · **功率**

EN The work done, or energy transferred, per unit time.

**中** 单位时间所做的功或转移的能量。

辨析：1 W=1 J/s；不是总能量。

Efficiency · **效率**

EN The ratio of useful energy output to total energy input, or useful power output to total power input.

**中** 有用输出能量与总输入能量之比，或有用输出功率与总输入功率之比。

辨析：可以写小数或百分数，必须说明；通常不超过 100%。

Conservation of energy · **能量守恒**

EN Energy cannot be created or destroyed; it can be transferred between stores.

**中** 能量不能被创造或消灭，只能在不同储存之间转移。

辨析：选择合适系统，把有用和分散的能量全部计入。

Dissipation of energy · **能量耗散**

EN The spreading of energy into the surroundings, making it less available for useful transfer.

**中** 能量分散到周围环境，变得较难再用于有用转移。

辨析：“浪费”不表示能量消失。

One joule · **一焦耳**

EN The work done when a force of one newton moves an object one metre in the direction of the force.

**中** 1 N 的力使物体沿力方向移动 1 m 时所做的功。

辨析：1 J = 1 N m；必须包含沿力方向的位移。

One watt · **一瓦特**

EN A rate of energy transfer of one joule per second.

**中** 每秒转移 1 J 能量的功率。

辨析：1 W = 1 J/s。

## 能源

Renewable energy resource · **可再生能源**

EN An energy resource replenished naturally on a timescale comparable to its use.

**中** 可在与使用相适应的时间尺度上自然补充的能源。

辨析：不表示零污染、无限功率或全天稳定。

Non-renewable energy resource · **不可再生能源**

EN An energy resource used faster than it is replaced naturally.

**中** 使用速度超过自然补充速度的能源。

辨析：化石燃料与常规核燃料；不能只按是否排 $CO_2$ 判断。

Nuclear fission · **核裂变**

EN The splitting of a heavy nucleus into smaller nuclei, releasing energy.

**中** 较重原子核分裂成较小原子核并释放能量的过程。

辨析：本章主要作为能源概念；完整核反应细节属后续单元。

Nuclear fusion · **核聚变**

EN The joining of light nuclei to form a heavier nucleus, releasing energy.

**中** 轻原子核结合形成较重原子核并释放能量的过程。

辨析：太阳的能量来源，需很高温度；不要与裂变倒置。

## 压强

Pressure · **压强**

EN The force acting normally per unit area.

**中** 单位面积上垂直作用的力。

辨析：normally 表示垂直于表面；单位 Pa，不是 N。

Liquid pressure difference · **液体压强差**

EN The increase in pressure between two levels in a stationary liquid due to the liquid’s weight.

**中** 静止液体中由液体重力引起、两个高度之间的压强增加量。

辨析：$\Delta p=\rho g \Delta h$；密度恒定时适用。

Atmospheric pressure · **大气压**

EN The pressure exerted by the atmosphere on a surface.

**中** 大气对表面施加的压强。

辨析：液面处压强常为大气压，但应以题目给定为准。

Absolute / gauge pressure · **绝对压强／表压（辨析补充）**

EN Absolute pressure is measured from a vacuum; gauge pressure is the difference from atmospheric pressure.

**中** 绝对压强以真空为零；表压表示相对大气压的差值。

辨析：开放液体中深度 h 的绝对压强=$p_{大气}+\rho gh$。

Upthrust · **浮力**

EN The resultant upward force exerted by a fluid on an immersed object.

**中** 流体对浸入其中物体施加的合向上作用力。

辨析：静止漂浮时浮力 = 重力，不是浮力更大。

One pascal · **一帕斯卡**

EN A pressure produced by a normal force of one newton acting uniformly over one square metre.

**中** 1 N 的垂直作用力均匀作用在 1 $m^2$ 面积上产生的压强。

辨析：1 Pa = 1 $N/m^2$；面积是平方米。

## 三个定律：完整说法

Newton’s first law · **牛顿第一定律**

An object remains at rest or moves with constant velocity in a straight line unless acted on by a resultant force.

物体将保持静止或沿直线匀速运动，除非受到非零合力的作用。

Newton’s second law · **牛顿第二定律**

The resultant force equals the rate of change of momentum. For constant mass, the resultant force is mass multiplied by acceleration.

合力等于动量的变化率；质量恒定时，合力等于质量与加速度的乘积。

Hooke’s law · **胡克定律**

The extension of a spring is directly proportional to the applied force, provided the limit of proportionality is not exceeded.

在不超过比例限度时，弹簧伸长量与施加的力成正比。

背定义时优先检查：per unit…（单位……）、direction（方向）、resultant（合力）、external（外力）、perpendicular（垂直）与适用条件。它们经常是整句定义的关键。

## 公式使用指南 · 先读情境，再选关系

24 组官方公式、常用推导与课程补充：什么时候用、成立条件、不能怎么用、完整辨析例题。

> **选公式的四步**
>
> 1. 圈出要求的量及单位，确定研究哪个物体／系统。
> 2. 列已知量，先统一单位与正方向。
> 3. 判断条件：图像斜率还是面积？合力还是某一个力？合外冲量是否可忽略？有无能量转移？
> 4. 选能连接已知与未知的式子；最后用量纲、数量级、方向检查。

### 平均速率

> average speed = total distance / total time

**何时用**：问 whole journey / average；题目包含不同阶段或等待。

**前提与取量**：总时间包含题目全程中的停留。

**不要这样套**：不要用 $(v_1+v_2)/2$ 代替全程平均速率，除非两段用时相同。

> **辨析例题**
>
> 去程 100 m 用 20 s，返回 100 m 用 30 s：平均速率=200/50=4 m/s。

### 速度变化与平均加速度

> $a = (v-u)/\Delta t$

**何时用**：给初末速度和时间，求这段的平均加速度；直线 v – t 图求斜率。

**前提与取量**：瞬时加速度用切线斜率；u、v 必须对应同一正方向。

**不要这样套**：只知道速度大小而有反向运动时，不能直接相减大小；一般非匀加速也可求平均值。

> **辨析例题**
>
> 速度由 +8 变为 −4 m/s，经过 3 s：$a_{平均}=(-4-8)/3=-4\ m/s^2$。若由 −8 变成 −4，a=+4/3，虽然 a 正但物体在减速。

### 恒加速度的速度关系

> $v = u + at$

**何时用**：恒定合力作用于恒定质量，或题目明确 uniformly accelerated；可由 a 定义整理。

**前提与取量**：整个所研究时间段 a 必须保持不变。

**不要这样套**：降落伞受随速率变化的阻力、曲线 v – t 图，不可把某点 a 当整段常量。

> **辨析例题**
>
> 从静止自由下落 2.0 s，取向下正且忽略空气阻力：$v=0+9.8\times2=19.6$ m/s。

### 恒加速度的位移

> $s = (u+v)t/2 = ut+\frac{1}{2}at^2$；$v^2=u^2+2as$

**何时用**：恒加速度直线运动；已知 u、v、t 可用梯形面积，无时间时可由能量／图像推导关系。

**前提与取量**：s 是有符号位移；用哪组式子以课堂要求为准，后两式属推导工具。

**不要这样套**：运动中若反向，s 不等于总路程；应在 v=0 处分段计算路程。

> **辨析例题**
>
> u=2、v=10 m/s、t=4 s：$s=(2+10)\times4/2=24$ m。反向或变加速度时先看图像，不能机械套“平均端点速度”。

### 图像面积和斜率

> gradient = $\Delta y/\Delta x$；area under speed – time graph = distance

**何时用**：题目给图而非全部数值；分段运动、变速运动、求最大加速度。

**前提与取量**：认清横纵坐标及其单位；曲线用切线，面积可数格估计。

**不要这样套**：路程 – 时间图下面积不是路程；速率 – 时间图纵坐标不是加速度。

> **辨析例题**
> v – t 图横轴以下面积计为负位移；若上方面积 20 m、下方面积绝对值 6 m，位移=14 m，路程=26 m。

### 质量与重力

> $W = mg$；$g = W/m$

**何时用**：给质量求重力，比较不同星球重量；用重力作弹簧载荷、压强或力矩的力。

**前提与取量**：m 用 kg；g 用当地数值，本次地球题为 9.8 N/kg。

**不要这样套**：不能把 kg 当 N；月球题若给 g=1.6，应使用 1.6，不能无视题设。

> **辨析例题**
> 2 kg 物体在地球 W=19.6 N；若称量题给 W=49 N，m=49/9.8=5 kg。

### 密度、体积与质量

> $\rho = m/V$；$m = \rho V$；$V = m/\rho$

**何时用**：材料识别、排水法、液体质量、由尺寸算质量。

**前提与取量**：物体或样品平均密度用整体质量/整体体积；单位配套。

**不要这样套**：空心物体材料密度与整体平均密度不同；测液体须扣容器质量。

> **辨析例题**
> 圆柱直径 2.0 cm、高 5.0 cm：$V=\pi\times1.0^2\times5.0\approx15.7\ \text{cm}^3$；若密度 2.7 g/cm³，$m\approx42.4$ g。

### 合力与运动变化

> $\Sigma F = ma$

**何时用**：研究物体如何加速；常见车的驱动力减阻力、竖直升降或自由落体。

**前提与取量**：质量恒定；F 必须是作用于所选对象的合力；每个方向可分别列式。

**不要这样套**：支持力不总等于 mg；不要把牵引力直接当合力。

> **辨析例题**
> 质量 10 kg 物体向上加速度 2 m/s²，取上正：$T-mg=ma$，$T=10(9.8+2)=118$ N。匀速上升时 $a=0$，$T=98$ N。

### 弹簧与伸长

> $F = kx$；$x = l-l_0$

**何时用**：负载—伸长实验、弹簧常量、根据载荷预测弹簧长度。

**前提与取量**：只在 F 与 x 成正比范围；若挂砝码且静止，载荷 F=mg；x 转 m 才与 N/m 配套。

**不要这样套**：超过比例限度不应沿直线外推；长度 16 cm 不等于伸长 16 cm。

> **辨析例题**
> 原长 10 cm，k=200 N/m，挂 0.50 kg 静止：F=4.9 N，x=4.9/200=0.0245 m，总长=12.45 cm。

## 力矩与杠杆

> $M = Fd_{\perp}$；$\Sigma M_{顺} = \Sigma M_{逆}$

**何时用**：杠杆、跷跷板、支架、杆的支点或未知作用力。

**前提与取量**：$d_{\perp}$ 是到作用线的垂直距离；同一点取矩；均匀杆的重量作用于中点。

**不要这样套**：平衡需要合力和合力矩都为零；求支撑力时还需列 $\Sigma F=0$。

> **辨析例题**
> 均匀 2 m 杆在左端铰接，杆重 20 N，中点距支点 1 m；右端向上力 F 平衡：$2F=20\times1$，$F=10$ N。铰链还需提供 10 N 向上力。

## 动量

> $p = mv$；$\Delta p = m(v-u)$

**何时用**：单个物体动量、刹停、反弹、冲量；题目给质量与速度。

**前提与取量**：动量是矢量，写方向，质量换成 kg。

**不要这样套**：动量不等于动能：$mv$ 与 $\frac{1}{2}mv^2$ 不可互换；速度变向时动量必变。

> **辨析例题**
> 0.20 kg 球由 +5 反弹至 −3 m/s：$p_{初}=+1$，$p_{末}=-0.6$，$\Delta p=-1.6$ kg m/s；不是 −0.4。

## 冲量与平均力

> $F_{平均}\Delta t = \Delta p$；$F_{平均} = \Delta p/\Delta t$

**何时用**：碰撞、接球、安全气囊、短时间受力；给接触时间与初末速度。

**前提与取量**：用合力算物体总动量变化；若求特定接触力，要考虑重力等其他力是否可忽略。

**不要这样套**：时间增加并不自动减力，须保证相同动量变化；F – t 图面积是冲量，不是动量本身。

> **辨析例题**
> 球质量 0.10 kg，速度由 +6 到 −4，接触 0.020 s：$\Delta p=-1.0$ kg m/s，平均合力=−50 N。若力随时间变化，50 N 是平均大小。

## 碰撞与反冲

> $m_1u_1 + m_2u_2 = m_1v_1 + m_2v_2$

**何时用**：封闭系统碰撞、爆炸、两车相互推开。

**前提与取量**：合外力零或外冲量可忽略；碰前后必须取同一系统和正方向。

**不要这样套**：只有题目说粘合才可设 $v_1=v_2$；不能默认动能同时守恒。

> **辨析例题**
> 0.50 kg 车以 +4 撞上 1.50 kg 静止车并粘合：$2.0=(2.0)v$，$v=1$ m/s。若没有粘合，只靠一条动量式可能不能确定两个未知末速度。

## 动能

> $E_k = \frac{1}{2}mv^2$

**何时用**：运动物体能量、刹车、碰撞能量损失、速率倍数关系。

**前提与取量**：m 用 kg、v 用 m/s；动能是标量，非负。

**不要这样套**：$v^2$ 不要漏平方；动能变化需用末动能减初动能，不能把 $\Delta v$ 先平方。

> **辨析例题**
> 2 kg 物体由 3 加速到 5 m/s：$\Delta E_k=\frac{1}{2}\times2\times(25-9)=16$ J，而不是 $\frac{1}{2}\times2\times(5-3)^2=4$ J。

### 重力势能变化

> $\Delta E_p = mg\Delta h$

**何时用**：提升、下落、登楼、水坝，求高度变化造成的能量变化。

**前提与取量**：近地表、g 近似不变；$\Delta h$ 是竖直高度差。

**不要这样套**：沿斜坡走的路程不是 $\Delta h$；没有说明时常求变化，不必找绝对势能。

> **辨析例题**
> 20 kg 箱沿 5 m 斜坡升高 3 m，势能增加=20×9.8×3=588 J，不用斜坡长 5 m。

### 机械功

> $W = Fd$（力与位移同向）；$W = \Delta E$转移

**何时用**：恒定拉力、起重、阻力做功、通过受力求能量变化。

**前提与取量**：常用式要求恒力且沿力方向位移；一般角度可用力沿位移方向分量，若课堂要求。

**不要这样套**：不是所有做的功都变成动能；净功才对应动能变化；竖直力对纯水平位移不做功。

> **辨析例题**
> 箱子以恒速水平前进 4 m，拉力 30 N、摩擦力 30 N：拉力做正功 120 J，摩擦做负功 −120 J，净功零，动能不变，但能量转移到内能。

### 能量守恒求速度／高度

> 初总能量 = 末总能量；无损下落 $mgh = \frac{1}{2}mv^2$

**何时用**：给高度求末速、给速率求可达到高度，且时间或合力不方便求。

**前提与取量**：物体从静止出发；无能量损失；点状/纯平移近似。若有初速，要加初动能。

**不要这样套**：实际滚动球可能还有转动动能；不能在题目要求计入时只写平移动能。

> **辨析例题**
> 从静止下降 5 m、忽略阻力：$v=\sqrt{(2\times9.8\times5)}\approx9.90$ m/s。若只将 80% 的势能转为平移动能，应写 $0.8mgh=\frac{1}{2}mv^2$。

### 功率

> $P = W/t = \Delta E/t$

**何时用**：比较做功快慢、电机提升、单位时间能量需求；给功率可反求时间。

**前提与取量**：平均功率用总转移能量/总时间；区分输入与有用输出。

**不要这样套**：大功率不一定总做功多，还取决于持续时间；P 的单位不是 J。

> **辨析例题**
> 将 100 kg 升高 2 m 用时 4 s：有用功率=100×9.8×2/4=490 W。若问恒速同向拉动，可由 W=Fd、v=d/t 推得 P=Fv（推导式）。

### 效率

> $\eta = E_{有用}/E_{输入} = P_{有用}/P_{输入}$

**何时用**：有用输出与输入间换算，求浪费能量、电机输入功率。

**前提与取量**：同一装置、同一过程或对应时间；计算时百分数先除 100。

**不要这样套**：输入=有用/η，而不是有用×η；不能用有用/浪费来算效率。

> **辨析例题**
> 输出功率 60 W，效率 75%=0.75：输入=60/0.75=80 W，其他输出功率=20 W。输入 200 J、有用 150 J 时同样为 75%。

## 固体接触压强

> $p = F_{⊥}/A$

**何时用**：人、砖、刀、针、轮胎与地面的压力分布，比较不同接触面。

**前提与取量**：F 为接触面法向作用力；A 是实际总接触面积。

**不要这样套**：两只脚着地要用总面积；斜面上压力一般不等于全部重力。

> **辨析例题**
> 60 kg 人站在两只鞋上，每只接触面积 150 cm²：F=588 N，A总=300 cm²=0.0300 m²，p=19600 Pa。

## 液体压强差

> $\Delta p = \rho g \Delta h$

**何时用**：比较不同深度或不同密度液体造成的压强增加。

**前提与取量**：液体密度近似恒定；Δh 为竖直深度差，不沿斜壁量。

**不要这样套**：不要把 Δh 量成倾斜容器壁的长度；不要漏掉密度和 g。

> **辨析例题**
> 水深 2 m：$\Delta p=1000\times9.8\times2=19600$ Pa。同种液体的容器变宽，不会改变相同深度处的压强增加。

## 压强与净力

> $F_{净} = (p_{外}-p_{内})A$

**何时用**：窗、舱门、潜水面罩，比较两侧压力的净作用。

**前提与取量**：小平面上压强可近似均匀；两侧力方向相反；若压强随高度变化，可能需平均压强。

**不要这样套**：不能用外侧绝对压强直接乘面积当净力，除非另一侧近似真空。

> **辨析例题**
> 外压 120000 Pa、内压 100000 Pa，面积 0.010 m²：净力=(120000−100000)×0.010=200 N，方向向内。

## 周期、多次测量与校零

> $T = t/N$；$d = L/N$；corrected reading = reading − zero error

**何时用**：摆的计时、线径、纸厚、仪器零误差修正。

**前提与取量**：N 必须是完整、等价的重复单元；先平均总量再除 N 或分别求单次值再合理平均。

**不要这样套**：多次测量减小随机影响，不会自动消除仪器零误差。

> **辨析例题**
> 示值 2.36 mm，闭合时示值 +0.04 mm：真读数=2.32 mm；若闭合示值 −0.04 mm，则修正后=2.40 mm。

## 补充：弹性势能与液压

> $E_{弹} = \frac{1}{2}kx^2$；$F_1/A_1 = F_2/A_2$

**何时用**：仅在课堂涉及的弹簧能量、理想液压装置中使用。

**前提与取量**：弹簧在线性范围、由零伸长起算；液压传压需考虑高度相同，液体近似不可压缩。

**不要这样套**：$\frac{1}{2}kx^2$ 不能对超过比例限度的弹簧任意套用；液压增力不等于增能。

> **辨析例题**
> k=100 N/m、x=0.10 m，E=0.50 J；液压面积比 $A_2/A_1=10$ 时，理想力比为 10，但大活塞位移为小活塞的 1/10。

## 同一道题，为什么会出现两个公式?

| 题目情境 | 关系的连接方式 |
| --- | --- |
| 物体悬在弹簧上静止，求伸长 | 先平衡得 F弹=mg，再 F弹=kx → x=mg/k；不是因为“所有情况下 kx 都等于 mg”。 |
| 电机恒速提升，求输入功率 | W有用=mgΔh → P有用=W/t → P输入=P有用/η。恒速仅说明动能不变，重力势能仍增加。 |

| | |
|---|---|
| 已知车的初速与停止距离，求平均阻力 | 若只有阻力沿路做负功：$F_{平均}d=\frac{1}{2}mu^2$。若给的是停止时间，则动量法 $F_{平均}\Delta t=mu$ 更直接；两种“平均力”的平均方式不同，力变化时不要随意当成同一个平均值。 |
| 碰撞后两车粘合，问能量变化 | 先用总动量守恒求共同速度，再分别算碰前、碰后动能；不能一开始就设动能守恒。 |
| 潜水舱窗所受净力 | 先求外部压强 $p_{外}=p_{液面}+\rho gh$，减内部压强，再乘面积；不要漏掉相消的部分。 |

## 进一步补全 · 容易漏掉的考查方式

这些知识常出现在描述、解释、比较、实验设计和读图题中，不能只靠代公式。

### 1. 力与运动：四种情况必须分清

| 观察 | 可以推出 | 不能自动推出 |
|---|---|---|
| 物体某一瞬间 $v=0$ | 该瞬间静止 | $a=0$ 或 $F_{合}=0$；上抛最高点就是反例 |
| 一段时间内速度恒定 | $a=0$，质量恒定时 $F_{合}=0$ | 没有力；可能多个力平衡 |
| 速率恒定 | 速度大小不变 | 方向不变；圆周运动仍有加速度 |
| 合力与速度反向 | 该瞬间速率在减小 | 一定“向左”或加速度一定为负，须看坐标正方向 |

### 2. 阻力与降落伞：描述“哪条线变平”

开伞前，speed – time 图上升却逐渐变平：速率仍增加，斜率即加速度逐渐减小。开伞后，面积增大造成阻力瞬时增强，阻力大于重力，速率开始下降；随着速率减小，阻力也减小，最终再次与重力平衡。重力近似不变，变的是阻力和合力。

### 3. 受力图与作用反作用

书静止放在桌面：书受向下重力和桌面对书向上支持力；两力作用于同一个物体，属于平衡力。桌面对书的力，与书对桌的力才是一对相互作用力。分析小车时，地面对轮胎的摩擦可能提供向前驱动；因此“摩擦永远与物体前进方向相反”不成立。

### 4. 弹簧实验：别混淆两张图

$F-x$ 图在比例范围内经过原点，斜率为 $k$；但 $F-l$（总长度）图不会因 $F=0$ 而有 $l=0$，横截距对应原长。若画 $x$ 对 $F$，斜率变为 $1/k$。研究关系时需要多个载荷、每次静止后读数、计算伸长、检查卸载后能否恢复；不是只挂一次砝码就证明胡克定律。

### 5. 稳定性与力矩：用作用线解释

底面变宽，物体可倾斜更大角度才使重力作用线越出支承面；重心降低也增加这一倾倒临界角。解释“更稳定”时应连接到重力作用线或倾覆力矩，而不是只背“低、宽”。重心在形状不均匀物体中不能按几何中点猜。

### 6. 漂浮与平均密度

漂浮静止时，重力与浮力平衡。铁船能够漂浮，是船体连同空腔形成的整体平均密度可以低于水，而不是铁材料本身变得比水轻。若同一物体在更密液体中漂浮，其所需排开液体体积较小，浸入比例通常更小。

### 7. 能源比较：把“可再生”与“可靠”分开

太阳能电池直接输出电能；太阳能集热器给水加热。风电、光伏随天气变化；潮汐时间可预测但不是连续输出；水库水电可较快调节，但受水量和地形制约。核裂变运行阶段不燃烧化石燃料，但全生命周期仍有环境影响。题目问“适合偏远地点”时，答案要谈当地资源、输电或维护，而不是把所有优缺点都罗列。

### 8. 常见量纲自查

| 表达式 | 单位化简 |
|---|---|
| $ma$ | $kg\ m/s^2=N$ |
| $mv$ 与 $F\Delta t$ | $kg\ m/s=N\ s$ |
| $Fd$ 与 $mv^2$ | $N\ m=kg\ m^2/s^2=J$（力矩虽然也是 $N\ m$，但不写 $J$） |
| $E/t$ | $J/s=W$ |
| $F/A$ 与 $\rho gh$ | $N/m^2=kg/(m\ s^2)=Pa$ |

### 9. 闭卷口头检查

1. 为什么静止物体可以有非零加速度？举一个瞬间的例子。
2. 为什么碰撞可以动量守恒而动能减少？
3. 为什么恒速上楼仍需要功率？
4. 为什么相同密度液体中，同深度压强与容器宽度无关？
5. 为什么反弹比仅停下来通常有更大的动量变化？
6. 为什么时间延长能降低平均力，却不一定减少能量转移？

▼ 核对解释

① 上抛最高点 v=0，但重力仍使 a 向下。② 动量守恒的条件针对合外力；动能可转到内能、声音等。③ 重力势能仍以一定速率增加。④ 静液压强由液面压强、密度和竖直深度决定。⑤ 反弹速度方向改变，Δp 两项大小相加。⑥ 相同初末速度意味着动量变化与动能变化既定，延长时间改变的是平均力及传递速率。

## 公式速查 · 先判断条件

公式中的字母以题目定义为准；换算后再代入。

| 关系 | 单位与条件 |
| --- | --- |
| v = s/t；average speed = total distance/total time | 速率用路程和时间；全程平均速率用总路程与总时间 |
| a = Δv/Δt | 加速度为速度变化除以时间变化，单位 m/s² |
| gradient of distance – time graph = speed | 直线段斜率给速率 |
| area under speed – time graph = distance | 适用于匀速或匀加速的面积分割 |
| g = W/m；W = mg | W 为重力 N，m 用 kg，本次 g=9.8 N/kg |
| ρ = m/V | kg/m³ 配 kg 与 m³；或 g/cm³ 配 g 与 cm³ |
| Fresultant = ma | 必须先求矢量合力；力与加速度同方向 |
| k = F/x；F = kx | 仅比例限度内；x 为伸长，不是总长度 |
| M = Fd⊥ | N m；支点到作用线的垂直距离 |
| p = mv；Σp前 = Σp后 | 动量 kg m/s；一维问题先规定正方向 |
| impulse = FΔt = Δ(mv) | 力乘作用时间等于动量变化 |
| F = Δp/Δt | 合力为单位时间内的动量变化 |
| $E_k$ = ½mv²；Δ$E_p$ = mgΔh | Supplement；能量单位 J |
| W = Fd = ΔE | 机械功等于转移的能量 |
| P = W/t；P = ΔE/t | 功率 W；单位时间做功或转移能量 |
| η = useful output/total input × 100% | 能量比或功率比必须对应同一过程 |
| p = F/A；Δp = ρgΔh | Pa；面积 m²，液体竖直深度差 m |
| T = t/N；small distance = total distance/N | 通过测量多次来求短时间或小距离的平均值 |

本表只保留你提供的 syllabus 明列公式，以及“测量多次再除以次数”的必要实验关系。

# 70 分钟模拟试卷

**时间 70 分钟 满分 70 分**

Section A 14 marks Section B 56 marks

Instructions Answer all questions. Use a blue or black pen. Use pencil for graphs and diagrams. Show working in calculations. Take g = 9.8 m/s². A calculator is required.

## Section A Multiple Choice 14 marks

A1. Which quantity is a vector? [1]
A. Density
B. Speed
C. Momentum
D. Energy

A2. A wire is wound in 40 close turns. The total width is 28 mm. What is its diameter? [1]
A. 0.70 mm
B. 1.43 mm
C. 7.0 mm
D. 1120 mm

A3. A student runs 1.2 km in 5.0 min. What is the average speed? [1]
A. 0.24 m/s
B. 4.0 m/s
C. 24 m/s
D. 240 m/s

A4. What does the area under a speed – time graph represent? [1]
A. Acceleration
B. Force
C. Distance travelled
D. Momentum

A5. A falling object reaches terminal speed. Which statement is correct? [1]
A. Its weight is zero
B. Its acceleration equals g
C. Drag is greater than weight
D. Drag equals weight

A6. What is the weight of a 250 g mass when g = 9.8 N/kg? [1]
A. 2450 N
B. 25.5 N
C. 2.45 N
D. 0.0255 N

A7. A 54 g solid displaces 20 cm³ of water. Its density is [1]
A. 0.37 g/cm³
B. 2.7 g/cm³
C. 34 g/cm³
D. 1080 g/cm³

A8. A 2.0 kg trolley has a 10 N driving force and a 4 N opposing force. Its acceleration is [1]
A. 2.0 m/s²
B. 3.0 m/s²
C. 5.0 m/s²
D. 7.0 m/s²

A9. A spring length increases from 12 cm to 15 cm under a 6.0 N force. Within its proportional limit, k is [1]
A. 0.40 N/m
B. 2.0 N/m
C. 40 N/m
D. 200 N/m

A10. A 15 N force acts with a perpendicular distance of 0.20 m from a pivot. Its moment is [1]
A. 0.013 N m
B. 3.0 N m
C. 15.2 N m
D. 75 N m

A11. An airbag reduces the average stopping force mainly by [1]
A. Reducing the change in momentum to zero
B. Increasing the stopping time
C. Increasing the change in momentum
D. Reducing the mass of the person

A12. A car doubles its speed. Its kinetic energy becomes [1]
A. Half as large
B. Twice as large
C. Four times as large
D. Unchanged

A13. Which device directly converts sunlight into electrical energy? [1]
A. A solar cell
B. A solar water heater
C. A wind turbine
D. A nuclear reactor

A14. A 120 N force acts normally over 30 cm². What is the pressure? [1]
A. 4 Pa
B. 400 Pa
C. 4000 Pa
D. 40 000 Pa

## Section B Structured Questions 56 marks

### B1 · Measurement & density 7 marks

A stone has a mass of 81.0 g. A measuring cylinder reads 25.0 cm³ before the stone is added and 55.0 cm³ when the stone is fully immersed.
(a) Calculate the stone’s volume. [1]
(b) Calculate its density in g/cm³ and kg/m³. [3]
(c) Describe how to avoid parallax when reading the water level. [1]
(d) State two precautions for a valid displacement measurement. [2]

### B2 · Motion 7 marks

A trolley moves in one straight direction. It accelerates uniformly from rest to 8.0 m/s in 4.0 s, maintains 8.0 m/s for 6.0 s, then slows uniformly to rest in 2.0 s.
(a) Draw a labelled speed – time graph. [2]
(b) Calculate the acceleration during the first 4.0 s. [1]
(c) Calculate the total distance. [3]
(d) Calculate the average speed for the whole journey. [1]

### B3 · Forces & falling 7 marks

A 600 kg car has a driving force of 1800 N and a resistive force of 600 N.
(a) Calculate the resultant force and acceleration. [3]
(b) Later the car travels at constant velocity. State the relationship between the driving and resistive forces and explain. [2]
(c) Explain why the acceleration of a falling object decreases before it reaches terminal speed. [2]

### B4 · Spring & moments 7 marks

A spring has an original length of 10.0 cm. A 4.0 N load makes its length 12.0 cm, within the proportional limit.
(a) Calculate its extension in metres and its spring constant. [3]
(b) A light horizontal beam is pivoted at its centre. A 12 N force acts downwards 0.25 m left of the pivot. Find the downward force needed 0.15 m right of the pivot for equilibrium. [2]
(c) State two design features that generally improve a vehicle’s stability. [2]

### B5 · Momentum 7 marks

A 0.50 kg trolley travelling at +4.0 m/s collides with a stationary 1.50 kg trolley. They stick together. External horizontal forces are negligible.
(a) Calculate their common velocity after collision. [3]
(b) Calculate the kinetic energy before and after collision. [2]
(c) Explain whether kinetic energy is conserved and account for any difference. [2]

### B6 · Energy & power 7 marks

A motor raises a 15 kg load vertically by 3.0 m in 6.0 s at constant speed. Its electrical input power is 100 W. Use g = 9.8 N/kg.
(a) Calculate the gain in gravitational potential energy. [2]
(b) Calculate the useful output power. [2]
(c) Calculate the efficiency. [2]
(d) Suggest where the energy not usefully transferred goes. [1]

### B7 · Pressure 7 marks

A diver is 1.50 m below the surface of fresh water of density 1000 kg/m³.
(a) Calculate the increase in pressure due to the water. [3]
(b) This pressure acts uniformly on a horizontal area of 20.0 cm². Calculate the force due to this pressure. [3]
(c) At the same depth in a denser liquid, how would the pressure increase change? [1]

### B8 · Experiment & resources 7 marks

(a) Describe how to determine the period of a pendulum accurately using a stopwatch. Include how the timing and repeat measurements are used. [4]
(b) Give one advantage and one disadvantage of wind power compared with fossil-fuel power. [2]
(c) State the process that releases energy in the Sun. [1]

# 答案与评分参考

## Section A Answers

1 C 2 A 3 B 4 C 5 D 6 C 7 B 8 B 9 D 10 B 11 B 12 C 13 A 14 D

## Section B Mark Schemes

### B1

查看解析与参考评分点(a) V = 55.0−25.0 = 30.0 cm³ [1]。(b) 使用 ρ=m/V [1]，得 2.70 g/cm³ [1]，即 2700 kg/m³ [1]。(c) 眼睛与液面最低点等高、水平读数 [1]。(d) 任两点各 [1]：完全浸没；无附着气泡；不溶解、不吸水；避免溅水造成体积损失。本页原创参考评分；每个标记只计一次，不重复计分。有效的等价方法应给相应分。

### B2

查看解析与参考评分点(a) 横轴 t/s、纵轴 speed/(m/s)，合理刻度 [1]；直线连接 (0,0)→(4,8)→(10,8)→(12,0) [1]。(b) a=8/4=2.0 m/s² [1]。(c) 三段面积：½×4×8=16 m [1]；6×8=48 m [1]；½×2×8=8 m，总计 72 m [1]。(d) 72/12=6.0 m/s [1]。本页原创参考评分；每个标记只计一次，不重复计分。有效的等价方法应给相应分。

### B3

查看解析与参考评分点(a) F=1800−600=1200 N forward [1]；a=F/m [1]，a=2.0 m/s² forward [1]。(b) 驱动力和阻力大小相等、方向相反 [1]；合力零，所以加速度零 [1]。(c) 速率增加使空气阻力增加 [1]；重力近似不变，因此向下合力减小（a=F/m）[1]。本页原创参考评分；每个标记只计一次，不重复计分。有效的等价方法应给相应分。

### B4

查看解析与参考评分点(a) x=2.0 cm=0.020 m [1]；k=F/x [1]，得 200 N/m [1]。(b) 12×0.25=F×0.15 [1]，得 20 N [1]。(c) 降低重心 [1]；增大支承底面的宽度 [1]。本页原创参考评分；每个标记只计一次，不重复计分。有效的等价方法应给相应分。

### B5

查看解析与参考评分点(a) 初总动量=0.50×4.0=2.0 kg m/s [1]；2.0=(0.50+1.50)v [1]；v=+1.0 m/s [1]。(b) 初动能 =½×0.50×4.0²=4.0 J [1]；末动能=½×2.0×1.0²=1.0 J [1]。(c) 动能不守恒，减少 3.0 J [1]；转移到内能／声音／形变等，总能量仍守恒 [1]。本页原创参考评分；每个标记只计一次，不重复计分。有效的等价方法应给相应分。

### B6

查看解析与参考评分点(a) $\Delta E_p = mgh$ [1]；15×9.8×3.0=441 J [1]。(b) P=ΔE/t [1]；441/6.0=73.5 W [1]。(c) η=Pout/Pin×100% [1]；73.5/100×100%=73.5% [1]。(d) 转移到电动机／周围空气的内能，或声音 [1]。最终按合理有效数字可写 4.4×10² J、74 W、74%。本页原创参考评分；每个标记只计一次，不重复计分。有效的等价方法应给相应分。

### B7

查看解析与参考评分点(a) 使用 Δp=ρgΔh [1]；代入 1000×9.8×1.50 [1]；得 14 700 Pa [1]。(b) A=20.0×10⁻⁴=0.00200 m² [1]；使用 F=pA [1]；得 29.4 N [1]。(c) 压强增加量更大，因为 Δp 与 ρ 成正比 [1]。本页原创参考评分；每个标记只计一次，不重复计分。有效的等价方法应给相应分。

### B8

查看解析与参考评分点(a) 用固定参照点、同一运动方向计数完整振动 [1]；测 20 次等多次振动总时间 [1]；T=t/N [1]；重复测量并取平均 [1]。(b) 优势例：可再生／运行时不燃烧化石燃料 [1]；劣势例：风速变化使输出不稳定 [1]。比较应写清具体因素。(c) Nuclear fusion 核聚变 [1]。本页原创参考评分；每个标记只计一次，不重复计分。有效的等价方法应给相应分。

评分说明 等价的正确物理表达和正确方法应给相应分数。计算题若最终数值错误，但列式与代入步骤正确，可按评分点给方法分。