

問1 力学的エネルギー保存の法則に関する記述として、最も適切なものはどれか。（2005年 全国公立入試 類似）

- | | | | |
|--------------------------------|--|--|--|
| 1. 物体が落下する際、位置エネルギーは常に一定に保たれる。 | 2. 運動エネルギーは物体の高さに比例し、位置エネルギーは速さの2乗に比例する。 | 3. 摩擦や空気抵抗がない場合、運動エネルギーと位置エネルギーの和は一定である。 | 4. 衝突直前の運動エネルギーは、落下開始時の高さに関わらず常に一定である。 |
|--------------------------------|--|--|--|

問2 質量がそれぞれ m である物体A、B、Cが滑車を介して連結され、全体が静止している。物体Aにはたらく重力の大きさを mg とするとき、物体Aを引くひもの張力の大きさとして正しいものはどれか。ただし、重力加速度の大きさを g とする。（2018年 全国公立入試 類似）

- | | | | |
|----------|-----------|-----------|---------|
| 1. $2mg$ | 2. $mg/3$ | 3. $mg/2$ | 4. mg |
|----------|-----------|-----------|---------|

問3 慣性の法則に関する記述として最も適切なものを、次のうちから一つ選べ。（2005年 全国公立入試 類似）

- | | | | |
|-----------------------------|---------------------------------------|---------------------------------|------------------------------|
| 1. 物体に力が働かないとき、物体は必ず静止し続ける。 | 2. 物体に力が働かないとき、物体は静止しているか、等速直線運動を続ける。 | 3. 物体に力が働かないとき、物体は必ず等速直線運動を続ける。 | 4. 物体に力が働かないとき、物体は加速度運動を続ける。 |
|-----------------------------|---------------------------------------|---------------------------------|------------------------------|

問4 力学的エネルギー保存の法則が成り立つ条件として、最も適切なものはどれか。（2012年 全国公立入試 類似）

- | | | | |
|-------------------------|------------------------|-----------------------|-----------------------|
| 1. 物体に働く重力以外の力が仕事をしない場合 | 2. 物体が常に一定の速さで運動している場合 | 3. 物体に働く摩擦力が常に一定である場合 | 4. 物体の質量が時間とともに変化する場合 |
|-------------------------|------------------------|-----------------------|-----------------------|

問5 水平面上にある質量 2.0 kg の物体に、一定の力 5.0 N を 3.0 秒間加え続けた。このとき、物体の運動量の変化量は何 $\text{kg} \cdot \text{m/s}$ か。（2022年 全国公立入試 類似）

- | | | | |
|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|--------------------------------------|
| 1. $30 \text{ kg} \cdot \text{m/s}$ | 2. $10 \text{ kg} \cdot \text{m/s}$ | 3. $15 \text{ kg} \cdot \text{m/s}$ | 4. $6.0 \text{ kg} \cdot \text{m/s}$ |
|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|--------------------------------------|

問6 水平に移動する台車に鉛直下向きにおもりが落下し、一体となって移動する衝突現象において、水平方向の運動量保存則が成立する理由として最も適切なものはどれか。（2022年 全国公立入試 類似）

- | | | | |
|-----------------------------|-------------------------------|------------------------------|-------------------------|
| 1. 衝突が完全弾性衝突であり、反発係数が1であるため | 2. 衝突の前後で系全体の力学的エネルギーが保存されるため | 3. おもりの落下速度が台車の速度よりも十分に大きいため | 4. 衝突の前後で水平方向の外力が働かないため |
|-----------------------------|-------------------------------|------------------------------|-------------------------|

問7 鉛直投げ上げ運動において、投げ上げられた物体が最高点に達した瞬間の速度と加速度に関する記述として最も適切なものを、次のうちから一つ選べ。ただし、空気抵抗は無視できるものとする。（2006年 全国公立入試 類似）

- | | | | |
|------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|------------------------|
| 1. 速度はゼロであり、加速度もゼロである。 | 2. 速度はゼロであり、加速度は鉛直下向きに重力加速度の大きさである。 | 3. 速度は最大であり、加速度は鉛直下向きに重力加速度の大きさである。 | 4. 速度は最大であり、加速度はゼロである。 |
|------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|------------------------|

問8 質量 m の小物体がばねから離れた後、なめらかな曲面を登り、高さ h の点Aに達した。このとき、点Aにおける小物体の速さが0であったと仮定すると、ばねを縮めた距離 x と高さ h の関係式として正しいものはどれか。ただし、ばね定数を k とする。（2016年 全国公立入試 類似）

- | | | | |
|------------------------|-----------------------|------------------------|------------------------|
| 1. $x = \sqrt{2mgh/k}$ | 2. $x = \sqrt{mgh/k}$ | 3. $x = \sqrt{mgh/2k}$ | 4. $x = \sqrt{4mgh/k}$ |
|------------------------|-----------------------|------------------------|------------------------|

問9 質量 M の潜水艦が、密度 ρ の海水中で静止している。潜水艦の全容積を V とし、バラストタンクに海水を取り込むことで浮力を調整する場合、潜水艦が静止するために必要なバラストタンク内の海水の体積 V_w として正しい式はどれか。（2007年 全国公立入試 類似）

- | | | | |
|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| 1. $\rho V - M$ | 2. $M/\rho - V$ | 3. $V - M/\rho$ | 4. $M - \rho V$ |
|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|

問10 フックの法則が成り立つ範囲において、あるばねの伸びを2倍にするためには、加える力の大きさをどのように変化させる必要があるか。（2015年 全国公立入試 類似）

- | | | | |
|---------------|------------|--------------|------------|
| 1. 力を変える必要はない | 2. 力を4倍にする | 3. 力を1/2倍にする | 4. 力を2倍にする |
|---------------|------------|--------------|------------|

答え合わせ・解説 No.9

問1	答え 3 摩擦や空気抵抗がない場合、運動エネルギーと位置エネルギーの和は一定である。	力学的エネルギー保存の法則は、保存力のみが働く系において、運動エネルギーと位置エネルギーの和である力学的エネルギーが一定に保たれることを示す。位置エネルギーは高さに比例し、運動エネルギーは速さの2乗に比例するため、落下に伴い位置エネルギーが減少した分だけ運動エネルギーが増加し、その総和は保存される。
問2	答え 4 mg	物体Aが静止している状態では、物体Aにはたらく鉛直上向きの張力 T と、鉛直下向きの重力 mg が釣り合っている。力のつり合いの式 $T - mg = 0$ より、張力 T は mg となる。滑車の反対側に連結された物体BとCの質量が合計で $2m$ であっても、物体Aが静止している限り、物体Aにかかる張力は自身の重力と等しい。
問3	答え 2 物体に力が働かないとき、物体は静止しているか、等速直線運動を続ける。	慣性の法則（ニュートンの第1法則）とは、物体に外力が働かない限り、静止している物体は静止し続け、運動している物体はそのままの速度で等速直線運動を続けるという性質を指す。この性質により、物体は現在の運動状態を維持しようとする。
問4	答え 1 物体に働く重力以外の力が仕事をしない場合	力学的エネルギー保存の法則は、物体に働く力が重力や弾性力などの保存力のみである場合に成立する。摩擦力や空気抵抗などの非保存力が仕事をすると、力学的エネルギーの一部が熱エネルギーなどに変換され、力学的エネルギーの総量は保存されない。したがって、保存力以外の力が仕事をしないことが、法則が成り立つための根本的な条件となる。
問5	答え 3 $15 \text{ kg} \cdot \text{m/s}$	運動量の変化量は、物体が受けた力積に等しいという法則を用います。力積は力と時間の積で表されるため、 $5.0 \text{ N} \times 3.0 \text{ s} = 15 \text{ N} \cdot \text{s}$ となります。単位 $\text{N} \cdot \text{s}$ は $\text{kg} \cdot \text{m/s}$ と等価であるため、運動量の変化量は $15 \text{ kg} \cdot \text{m/s}$ となります。物体の質量は変化量そのものには直接影響しません。
問6	答え 4 衝突の前後で水平方向の外力が働かないため	運動量保存則は、系に働く外力の和がゼロであるときに成立します。本問の状況では、おもりが鉛直方向に落下して衝突するため、水平方向には外力が作用しません。したがって、台車とおもりからなる系の水平方向の運動量は保存されます。エネルギーについては、衝突時に熱や音が発生するため、力学的エネルギーは一般に保存されません。
問7	答え 2 速度はゼロであり、加速度は鉛直下向きに重力加速度の大きさである。	鉛直投げ上げ運動において、物体が最高点に達した瞬間は、運動の向きが上昇から下降へと切り替わるため、速度は一時的にゼロとなる。しかし、物体には常に鉛直下向きの重力が働き続けているため、加速度はゼロにはならず、常に鉛直下向きに重力加速度の大きさのままである。
問8	答え 1 $x = \sqrt{2mgh/k}$	ばねの弾性エネルギー $(1/2)kx^2$ が、高さ h における重力による位置エネルギー mgh に完全に変換されたと考えます。 $(1/2)kx^2 = mgh$ という式を立てます。これを x について整理すると、 $x^2 = 2mgh/k$ となり、両辺の平方根をとることで $x = \sqrt{2mgh/k}$ が導かれます。エネルギーの変換過程を追うことで、初期状態と最終状態のエネルギーを等置できます。
問9	答え 3 $V - M/\rho$	潜水艦が静止しているとき、重力と浮力が釣り合っている。潜水艦の質量を M 、バラストタンク内の水の質量を ρV_w とすると、全体の重力は $(M + \rho V_w)g$ となる。一方、浮力は排除した水の体積 V を用いて $\rho V g$ と表される。つり合いの式 $(M + \rho V_w)g = \rho V g$ を V_w について解くと、 $V_w = V - M/\rho$ となる。
問10	答え 4 力を2倍にする	フックの法則 $F = kx$ において、ばね定数 k はばね固有の定数である。この式から、伸び x と力 F は比例関係にあることがわかる。したがって、伸び x を2倍にするためには、右辺の x が2倍になる分、左辺の力 F も2倍にする必要がある。この比例関係は弾性限界内であれば広く適用される。