

問1 天井と床の距離が $2l$ である空間において、天井に自然長 l 、ばね定数 k の軽いばねAの上端を固定し、床に自然長 l 、ばね定数 k の軽いばねBの下端を固定した。これらのばねの間に質量 m の小球を挟んで鉛直につなぎ、静止させた。このとき、床からの小球の高さ h は自然長 l よりも小さかった ($h < l$)。ばねAおよびばねBが小球に及ぼす弾性力の向きの組み合わせとして正しいものを選択せよ。 (2015年 全国公立入試 類似)

1. ばねA : 上向き、ばねB : 上向き 2. ばねA : 上向き、ばねB : 下向き 3. ばねA : 下向き、ばねB : 上向き 4. ばねA : 下向き、ばねB : 下向き

問2 長さ L の均質な棒の一端が鉛直な壁のちょうどつぎに固定され、他端が糸で壁の一点と結ばれている。棒は水平に保たれており、糸は棒に対して垂直に張られている。棒の質量を m 、重力加速度を g とするとき、糸の張力の大きさはいくらか。ただし、棒の重力は中点に作用するものとする。 (2015年 全国公立入試 類似)

1. 4分の $1mg$ 2. 2分の $1mg$ 3. 4分のルートの $3mg$ 4. 2分のルートの $3mg$

問3 質量 M の台の上に質量 m の小物体が置かれ、台が床の上を自由に移動できる状況において、小物体が台上の曲面を滑り降りる過程を考える。この系において、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。 (2004年 全国公立入試 類似)

1. 小物体と台からなる系において、水平方向には外力が働かないから 2. 小物体と台の間に働く垂直抗力が、水平方向の運動量を打ち消すから 3. 小物体が滑り降りる際に、系全体の力学的エネルギーが保存されるから 4. 台が床の上を自由に移動できるため、床からの摩擦力が水平方向に働くから

問4 ばね定数 k の同一のばね3本を並列に配置し、下端に水平な棒を固定した。この棒の中央から質量 m の物体を吊るして静止させたとき、各ばねの伸び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 とし、棒の質量およびばねの質量は無視できるものとする。 (2020年 全国公立入試 類似)

1. $mg/3k$ 2. $mg/2k$ 3. $2mg/k$ 4. $3mg/k$

問5 質量 m のおもりが一端を固定された糸で吊るされ、水平方向に一定の加速度 a で運動している。このとき、糸が鉛直方向となす角度を θ 、重力加速度を g とすると、加速度 a とこれらの物理量の関係として正しいものはどれか。 (2009年 全国公立入試 類似)

1. $a = g * \tan(\theta)$ 2. $a = g * \sin(\theta)$ 3. $a = g * \cos(\theta)$ 4. $a = g / \tan(\theta)$

問6 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。 (2008年 全国公立入試 類似)

1. 物体に働く外力がすべて保存力である場合 2. 物体に働く外力がすべて非保存力である場合 3. 物体に働く外力がすべて摩擦力である場合 4. 物体に働く外力がすべて空気抵抗である場合

問7 点 O に3つの力、力1、力2、力3が作用している。点 O から真右の向きを 0 度、真上の向きを 90 度とする。力1は真下の向き (270 度) に大きさ F である。力2は 30 度の向きに大きさ $2F$ 、力3は 150 度の向きに大きさ $2F$ である。これら3つの力の合力の大きさと、その作用線が通る点として最も適切なものを、次のうちから一つ選べ。 (2025年 全国公立入試 類似)

1. 大きさは F 、作用線は点 O を通る。 2. 大きさは F 、作用線は点 O を通らない。 3. 大きさは $3F$ 、作用線は点 O を通る。 4. 大きさは $5F$ 、作用線は点 O を通る。

問8 斜面上の物体がばねに接続され、斜面下向きに滑り降りる状況を考える。斜面方向の重力の分力を F 、ばね定数を k とするとき、物体の速さが最大となる位置におけるばねの自然長からの伸びとして、正しいものはどれか。 (2013年 全国公立入試 類似)

1. F/k 2. $2F/k$ 3. $F/(2k)$ 4. F/k^2

問9 物体に3本のひもA、B、Cが接続され静止している。ひもAは水平左向き、ひもBは鉛直下向き、ひもCは水平面から 45 度上向きに引かれている。このとき、ひもAの張力を FA 、ひもBの張力を FB 、ひもCの張力を FC とすると、これらの力の大きさの比 $FA : FB : FC$ はいくらになるか。 (2018年 全国公立入試 類似)

1. $1 : 1 : 1$ 2. $1 : 1 : \sqrt{2}$ 3. $1 : 2 : \sqrt{2}$ 4. $\sqrt{2} : \sqrt{2} : 1$

答え合わせ・解説 No.6

問1	答え 1 ばねA : 上向き、ばねB : 上向き	小球の高さ h が自然長 l よりも小さいため、上側のばねAの長さは $2l - h$ となり、自然長 l よりも長いので伸びている。したがって、ばねAは小球を上へ引く。一方、下側のばねBの長さは h となり、自然長 l よりも短いので縮んでいる。したがって、ばねBは小球を上へ押す。結果として、どちらのばねも小球に対して上向きの弾性力を及ぼす。
問2	答え 2 2分の1mg	棒のちょうつがいを回転軸とすると、重力によるモーメントは $mg \times (L/2)$ であり、糸の張力 T によるモーメントは $T \times L$ である。物体が静止しているとき、これらのモーメントの和はゼロになるため、 $mg \times (L/2) = T \times L$ が成り立つ。これを解くと、張力 T は $mg/2$ となる。力のモーメントのつり合い条件を用いることで、未知の力を容易に求めることができる。
問3	答え 1 小物体と台からなる系において、水平方向には外力が働かないから	運動量保存則は、系全体に働く外力の和がゼロである場合に成立する。本問の状況では、小物体と台の間に働く力は内力であり、床との摩擦を無視すれば水平方向には外力が働かない。したがって、水平方向の運動量の和は保存される。力学的エネルギー保存則は運動量保存の条件とは独立した別の法則である。
問4	答え 1 mg/3k	フックの法則 $F = kl$ に基づき、ばねの伸び l は F/k で表される。3本のばねが並列に接続されている場合、物体に働く重力 mg は3本のばねに均等に分散されるため、各ばねにかかる力は $mg/3$ となる。したがって、各ばねの伸びは $(mg/3)/k = mg/3k$ となる。力のつりあいの条件から、系全体が静止しているとき、各ばねの弾性力の和が重力とつりあっている。
問5	答え 1 $a = g \cdot \tan(\theta)$	おもりとともに運動する観測者から見ると、おもりに重力 mg 、糸の張力 T 、および水平方向に慣性力 ma が働いて静止している。鉛直方向の力のつり合いから $T \cdot \cos(\theta) = mg$ 、水平方向の力のつり合いから $T \cdot \sin(\theta) = ma$ が成り立つ。これら2式の比をとると、 $\tan(\theta) = a/g$ となり、整理すると $a = g \cdot \tan(\theta)$ が導かれる。
問6	答え 1 物体に働く外力がすべて保存力である場合	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。非保存力である摩擦力や空気抵抗が働くと、力学的エネルギーの一部が熱エネルギーなどに散逸するため、力学的エネルギーは保存されない。したがって、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は一定に保たれる。
問7	答え 1 大きさは F 、作用線は点Oを通る。	点Oを原点とすると、力1の成分は $(0, -F)$ 、力2は $(\sqrt{3}F, F)$ 、力3は $(-\sqrt{3}F, F)$ となる。これらを足し合わせると、 x 成分は0、 y 成分は F となり、合力の大きさは F である。また、すべての力が点Oに作用しているため、合力の作用線は点Oを通る。
問8	答え 1 F/k	物体が斜面を滑り降りる際、速さが最大となるのは加速度が0になる瞬間、すなわち斜面方向の重力の分力 F とばねの弾性力 kx が釣り合う位置である。 $F = kx$ の式を伸び x について解くと、 $x = F/k$ となる。この位置を過ぎると弾性力が重力の分力を上回り、物体は減速に転じるため、この点が運動エネルギーの最大値をとる位置となる。
問9	答え 2 $1 : 1 : \sqrt{2}$	物体が静止しているとき、物体に働く力のベクトル和はゼロとなる。力のつりあいを考えるため、ひもCの張力を水平方向と鉛直方向に成分分解する。水平方向のつりあいから $FA = FC \cos 45^\circ$ 、鉛直方向のつりあいから $FB = FC \sin 45^\circ$ が成り立つ。 $\cos 45^\circ$ と $\sin 45^\circ$ はともに $1/\sqrt{2}$ であるため、 $FA : FB : FC = (FC/\sqrt{2}) : (FC/\sqrt{2}) : FC$ となり、各項を FC で割り $\sqrt{2}$ をかけると $1 : 1 : \sqrt{2}$ が導かれる。

問1 なめらかな円錐の斜面上において、小物体に水平方向の初速度 $v_0 = 4.9 \text{ m/s}$ を与えたところ、等速円運動を行った。重力加速度の大きさを $g = 9.8 \text{ m/s}^2$ 、円錐の頂角の半分を $\theta = 45^\circ$ ($\tan 45^\circ = 1.0$) とするとき、この等速円運動の回転半径 a の値として最も適切なものを、次のうちから一つ選べ。 (2017年 全国公立入試 類似)

1. 2.45 m 2. 1.23 m 3. 4.90 m 4. 0.50 m

問2 運動量保存の法則が成立する系において、導体棒の速度と時間の関係を示す状況に関する記述として、物理学的に正しいものはどれか。 (2021年 全国公立入試 類似)

1. 導体棒の速度は、時間が経過しても一定値に収束せず、無限に増加し続ける。
2. 導体棒の速度は、磁気力の影響により最終的に必ずゼロになる。
3. 導体棒の速度は、系の全運動量が保存される過程で、ある一定の値に漸近する。
4. 導体棒の速度は、磁場が存在する限り常に振動し続け、一定値にはならない。

問3 水平な実験台上に置かれた台車に糸を取り付け、滑車を通して質量 0.2 kg のおもりを吊るした。おもりが落下する際、台車が受ける運動について最も適切な説明はどれか。 (2026年 全国公立入試 類似)

1. 台車は一定の加速度で加速する運動を行う
2. 台車は一定の速度で進む等速直線運動を行う
3. 台車は速度が徐々に減少する減速運動を行う
4. 台車は加速度が時間とともに増加する運動を行う

問4 風力発電のエネルギー変換の過程として、最も適切なものはどれか。 (2023年 全国公立入試 類似)

1. 風の力学的エネルギーを回転運動に変え、発電機で電気エネルギーに変換する。
2. 風の熱エネルギーを回転運動に変え、発電機で電気エネルギーに変換する。
3. 風の化学エネルギーを回転運動に変え、発電機で電気エネルギーに変換する。
4. 風の核エネルギーを回転運動に変え、発電機で電気エネルギーに変換する。

問5 ばね定数がそれぞれ k および $2k$ である二つのばねAとばねBがある。これら二つのばねを同じ長さ x だけ引き伸ばしたとき、ばねAに蓄えられる弾性エネルギー U_A と、ばねBに蓄えられる弾性エネルギー U_B の比 $U_A : U_B$ として正しいものはどれか。 (2009年 全国公立入試 類似)

1. 1 : 2 2. 1 : 4 3. 2 : 1 4. 4 : 1

問6 水平でなめらかな床の上にある質量 2.0 kg の台車に、一定の力 4.0 N を加え続けた。このとき、台車に生じる加速度の大きさは何 m/s^2 か。 (2022年 全国公立入試 類似)

1. 0.5 m/s^2 2. 2.0 m/s^2 3. 4.0 m/s^2 4. 8.0 m/s^2

問7 質量のある物体が基準面に対して持つ位置エネルギーの定義として、最も適切なものはどれか。 (2004年 全国公立入試 類似)

1. 物体の質量と重力加速度と高さの積で表されるエネルギー
2. 物体の質量と速さの2乗の積を2で割った値で表されるエネルギー
3. 物体に加えた力と移動距離の積で表されるエネルギー
4. 物体の質量と重力加速度の積を高さで割った値で表されるエネルギー

問8 速度と時間の関係を表すグラフ (v - t グラフ) において、物体の移動距離はどのように表されるか。また、速度が一定の割合で増加する等加速度直線運動において、移動距離と時間の関係を表すグラフ (x - t グラフ) の形状はどうなるか。最も適切な組み合わせを次のうちから一つ選べ。 (2005年 全国公立入試 類似)

1. v - t グラフの下側の面積が移動距離を表し、 x - t グラフは下に凸の放物線 (二次関数) となる。
2. v - t グラフの下側の面積が移動距離を表し、 x - t グラフは直線 (一次関数) となる。
3. v - t グラフの傾きが移動距離を表し、 x - t グラフは下に凸の放物線 (二次関数) となる。
4. v - t グラフの傾きが移動距離を表し、 x - t グラフは直線 (一次関数) となる。

問9 水平で滑らかな床の上に置かれた質量 M の台があり、その上に質量 m の小物体が載っている。台と小物体の間の静止摩擦係数を μ 、重力加速度の大きさを g とする。台が右向きに加速度 a で加速しているとき、小物体が台の上で滑り出さないための条件として正しいものはどれか。 (2016年 全国公立入試 類似)

1. $a \leq \mu g$ 2. $a \geq \mu g$ 3. $a \leq \mu mg$ 4. $a \geq \mu mg$

答え合わせ・解説 No.7

問1	答え 1 2.45 m	等速円運動の回転半径 a は、 $a = v_0^2 / (g * \tan\theta)$ で表される。与えられた数値を代入すると、 $a = 4.9^2 / (9.8 * 1.0) = 24.01 / 9.8 = 2.45 \text{ m}$ となる。これは、小物体に働く重力と垂直抗力の合力が向心力として作用することから導かれる。
問2	答え 3 導体棒の速度は、系の全運動量が保存される過程で、ある一定の値に漸近する。	運動量保存の法則が成り立つ系では、相互作用によって速度が変化しても、系の全運動量は一定に保たれます。電磁誘導によって導体棒間に磁気力が働く場合、速度差がある間は力が働き続け、速度が等しくなった時点で磁気力は消失します。このため、速度は急激に変化するのではなく、ある一定の値に向かって滑らかに近づく漸近的な挙動を示します。
問3	答え 1 台車は一定の加速度で加速する運動を行う	台車におもりを吊るした糸を取り付けると、おもりの重力によって糸に張力が生じ、台車は一定の力を受け続ける。ニュートンの運動方程式 $F=ma$ に従い、一定の力が加わる物体は一定の加速度で加速する。したがって、台車は等速直線運動や減速運動ではなく、一定の加速度で加速する運動を行う。
問4	答え 1 風の力学的エネルギーを回転運動に変え、発電機で電気エネルギーに変換する。	風力発電は、空気の流動が持つ運動エネルギー（力学的エネルギー）を風車の翼に作用させ、回転運動へと変換する。この回転を電磁誘導を利用した発電機に伝えることで、電気エネルギーを取り出す仕組みである。熱、化学、核エネルギーを利用する発電方式とは異なり、自然界の運動を直接利用する再生可能エネルギーに分類される。
問5	答え 1 1 : 2	弾性エネルギー U は、ばね定数 k と伸び x を用いて $U = (1/2)kx^2$ と表される。本問では伸び x が共通であるため、弾性エネルギーの比はばね定数の比に等しくなる。したがって、ばねAのばね定数 k とばねBのばね定数 $2k$ の比から、 $U_A : U_B = k : 2k = 1 : 2$ となる。
問6	答え 2 2.0 m/s²	運動方程式 $F=ma$ を用いて計算します。力 $F=4.0 \text{ N}$ 、質量 $m=2.0 \text{ kg}$ を代入すると、 $4.0 = 2.0 * a$ となります。これを解くと、加速度 $a = 2.0 \text{ m/s}^2$ となります。質量が大きいほど加速度が小さくなるという反比例の関係が、この計算結果からも確認できます。
問7	答え 1 物体の質量と重力加速度と高さの積で表されるエネルギー	位置エネルギー（重力によるもの）は、物体が基準面からどれだけの高さにあるかによって蓄えられるエネルギーであり、式 $U = mgh$ で表されます。ここで m は質量、 g は重力加速度、 h は基準面からの高さを指します。これらは物体の運動状態ではなく、位置関係によって決まるエネルギーです。
問8	答え 1 v-tグラフの下側の面積が移動距離を表し、x-tグラフは下に凸の放物線（二次関数）となる。	速度と時間のグラフ（v-tグラフ）において、グラフの線と時間軸で囲まれた部分の面積（グラフの下側の面積）は物体の移動距離を表す。速度が一定の割合で増加する等加速度直線運動では、移動距離 x は時間 t の二次関数（ $x = v_0 * t + 1/2 * a * t^2$ ）で表されるため、x-tグラフは下に凸の放物線を描く。
問9	答え 1 $a \leq \mu g$	加速度 a で運動する台を基準とすると、小物体には慣性力 ma が運動方向と逆向きに働く。小物体が滑り出さないためには、この慣性力が小物体に働く最大静止摩擦力 μmg 以下である必要がある。すなわち $ma \leq \mu mg$ が成り立ち、両辺を m で割ると $a \leq \mu g$ が得られる。慣性力の向きと摩擦力の釣り合いを正しく理解することが重要である。

問1 ばね定数 k のばねを自然長から x だけ引き伸ばした状態から、さらに x だけ引き伸ばして合計で $2x$ の伸びにした。このとき、蓄えられる弾性エネルギーは最初の状態 (伸び x のとき) の何倍になるか。 (2009年 全国公立入試 類似)

1. 4倍 2. 2倍 3. 8倍 4. 16倍

問2 地球の半径を R 、地球の質量を M 、万有引力定数を G とするとき、地表付近の物体に働く重力加速度 g を表す式として正しいものはどれか。 (2025年 全国公立入試 類似)

1. $g = G * M / R^2$ 2. $g = G * M / R$ 3. $g = G * M^2 / R^2$ 4. $g = G * M / R^3$

問3 フックの法則 $F = kx$ に従うばねにおいて、力 F と伸び x の関係を示すグラフの傾きが表す物理量として最も適切なものはどれか。 (2017年 全国公立入試 類似)

1. ばねの弾性エネルギー 2. ばね定数 3. ばねの自然の長さ 4. ばねに加えた仕事率

問4 質量 M の台が摩擦のない床の上にあり、質量 m の小物体が高さ h の点から滑り降りる。小物体が台から離れる瞬間の小物体の速さを v 、台の速さを V とするとき、力学的エネルギー保存則を表す式として正しいものはどれか。 (2004年 全国公立入試 類似)

1. $1/2mv^2 = mgh$ 2. $1/2MV^2 = mgh$ 3. $1/2mv^2 + 1/2MV^2 = mgh$ 4. $mv + MV = 0$

問5 初速度 19.6 m/s で小球を鉛直上向きに投げ上げたとき、高さ $y \text{ (m)}$ と時間 $t \text{ (s)}$ の関係を表す式として最も適切なものはどれか。ただし、重力加速度の大きさを 9.8 m/s^2 とし、投げ上げた位置を高さの基準とする。 (2016年 全国公立入試 類似)

1. $y = 19.6t - 4.9t^2$ 2. $y = 19.6t - 9.8t^2$ 3. $y = 9.8t - 4.9t^2$ 4. $y = 19.6t + 4.9t^2$

問6 長さ $2l$ の均質な棒が水平に保たれ、両端を鉛直上向きの糸で吊られている。棒の重心が左端から距離 l の位置にあるとき、左端の糸の張力 T_A と右端の糸の張力 T_B の比 T_A/T_B はどのように表されるか。 (2014年 全国公立入試 類似)

1. $(2l - l) / l$ 2. $l / (2l - l)$ 3. $l / 2l$ 4. $2l / l$

問7 ばねの自然の長さからの伸び x とばね定数 k 、物体にはたらく重力 mg の関係について、物体が床から離れる瞬間の物理的な意味として最も適切なものはどれか。 (2019年 全国公立入試 類似)

1. 弾性力が重力とつり合い、物体にはたらく合力がゼロになる。 2. 弾性力が重力よりも大きくなり、物体が加速し始める。 3. 重力が弾性力よりも大きくなり、物体が床に押し付けられる。 4. ばねの弾性エネルギーが重力による位置エネルギーと等しくなる。

問8 フックの法則が成り立つ弾性体において、ばねの伸びと加える力の関係について述べたものとして最も適切なものはどれか。

(2020年 全国公立入試 類似)

1. ばねの伸びは、加える力の大きさに比例する。 2. ばねの伸びは、加える力の大きさに反比例する。 3. ばねの伸びは、加える力の大きさの2乗に比例する。 4. ばねの伸びは、加える力の大きさに関わらず一定である。

問9 加速度運動する台の上で物体が滑り出す現象について、慣性力と摩擦力の関係を説明した記述として最も適切なものはどれか。 (2016年 全国公立入試 類似)

1. 慣性力は台の加速度と同じ向きに働き、摩擦力がこの慣性力に抗うことで物体は静止し続ける。 2. 物体が滑り出すのは、台の加速度によって生じる慣性力が、物体と台の間の最大静止摩擦力を下回ったときである。 3. 慣性力は架空の力であり、物体が滑り出すか否かの判定には、慣性力ではなく台から見た物体の運動方程式を用いるべきである。 4. 物体が滑り出す瞬間、物体に働く慣性力の大きさと最大静止摩擦力の大きさは等しくなる。

問10 天井から糸で吊り下げられた小球1と、その下方にばねを介して吊り下げられた小球2からなる系において、糸を切った直後に小球2の加速度が 0 となる理由として最も適切なものはどれか。 (2020年 全国公立入試 類似)

1. 糸を切った直後はばねの伸びが瞬時には変化せず、小球2に働く上向きの弾性力と下向きの重力がつり合っているため。 2. 糸を切った直後はばねが瞬時に自然長に戻り、小球2に働く弾性力が 0 になるため。 3. 糸を切った直後は小球1のみに重力が働き、小球2には重力が働かなくなるため。 4. 糸を切ることでばねの弾性力が急激に増加し、重力よりも大きくなるため。

答え合わせ・解説 No.8

問1	答え 1 4倍	弾性エネルギーは伸びの二乗に比例する。伸びが x から $2x$ へと2倍になると、エネルギーは2の二乗である4倍になる。具体的には、伸び x のときのエネルギーは $(1/2)kx^2$ であり、伸び $2x$ のときのエネルギーは $(1/2)k(2x)^2 = (1/2)k(4x^2) = 2kx^2$ となり、元の値の4倍であることが確認できる。
問2	答え 1 $g = G * M / R^2$	地表付近の質量 m の物体に働く重力の大きさは、万有引力の法則より $F = G * (M * m) / R^2$ となる。一方で、運動方程式 $F = m * g$ を用いると、重力は $m * g$ と表される。これらを等置して $m * g = G * (M * m) / R^2$ となり、両辺を m で割ることで、重力加速度 $g = G * M / R^2$ が導かれる。
問3	答え 2 ばね定数	フックの法則 $F = kx$ において、力 F を縦軸、伸び x を横軸にとったグラフでは、傾きはばね定数 k に相当する。なお、このグラフの下側の面積は、ばねを x だけ伸ばすために外力がした仕事に等しく、それが弾性エネルギーとして蓄えられる。
問4	答え 3 $1/2mv^2 + 1/2MV^2 = mgh$	小物体が高さ h から滑り降りる際、摩擦がないため力学的エネルギーは保存されます。減少した位置エネルギー mgh は、小物体が持つ運動エネルギー $1/2mv^2$ と、台が持つ運動エネルギー $1/2MV^2$ の和に変換されます。したがって、エネルギー保存則の式は $1/2mv^2 + 1/2MV^2 = mgh$ となります。
問5	答え 1 $y = 19.6t - 4.9t^2$	鉛直投げ上げ運動における変位 y は、初速度 v_0 、重力加速度 g を用いて $y = v_0t - (1/2)gt^2$ と表される。本問では $v_0 = 19.6 \text{ m/s}$ 、 $g = 9.8 \text{ m/s}^2$ であるため、これらを代入すると $y = 19.6t - (1/2) * 9.8 * t^2 = 19.6t - 4.9t^2$ となる。この式は時間 t に関する二次関数であり、上に凸の放物線を描く。
問6	答え 1 $(2l - l_1) / l_1$	棒が水平に静止しているとき、任意の点まわりの力のモーメントの和はゼロになる。重心まわりのモーメントのつりあいを考えると、左端の張力 T_A によるモーメントと右端の張力 T_B によるモーメントが釣り合う。左端から重心までの距離が l_1 であるため、右端から重心までの距離は $2l - l_1$ となる。したがって、 $T_A * l_1 = T_B * (2l - l_1)$ が成立し、張力の比 T_A/T_B は $(2l - l_1) / l_1$ と求められる。
問7	答え 1 弾性力が重力とつり合い、物体にはたらく合力がゼロになる。	物体が床から離れる瞬間とは、床からの垂直抗力がゼロになる境界の状態を指す。このとき、物体にはたらく力は鉛直下向きの重力と鉛直上向きの弾性力のみであり、これらが釣り合うことで合力がゼロとなり、物体は静止または等速運動の状態を維持する。この釣り合い条件がフックの法則における伸びを決定する物理的根拠である。
問8	答え 1 ばねの伸びは、加える力の大きさに比例する。	フックの法則は、弾性限度内において、ばねの伸び（または縮み）が加えた力の大きさに正比例するという物理法則である。この比例定数はばね定数と呼ばれ、ばねの硬さや形状に依存する。この法則は、力のつりあいや単振動の解析において基礎となる重要な関係式である。
問9	答え 4 物体が滑り出す瞬間、物体に働く慣性力の大きさと最大静止摩擦力の大きさは等しくなる。	慣性力は非慣性系において運動方程式を立てる際に導入される見かけの力であり、加速度と逆向きに働く。物体が滑り出す限界状態では、慣性力と最大静止摩擦力が釣り合っている。慣性力は加速度の向きと逆向きに作用し、この力が最大静止摩擦力を超えたときに物体は滑り始めるため、境界条件として両者の大きさが等しい状態を考える。
問10	答え 1 糸を切った直後はばねの伸びが瞬時には変化せず、小球2に働く上向きの弾性力と下向きの重力がつり合っているため。	ばねの弾性力はばねの伸びに比例する。糸を切った直後の極めて短い時間では、小球の位置はほとんど移動しないため、ばねの伸びは変化しない。したがって、小球2に働くばねの弾性力は切る前と同じ大きさを維持する。切る前において小球2は重力と弾性力が釣り合って静止していたため、切った直後もこれらの力が釣り合った状態が維持され、合力が0となり加速度も0となる。

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. 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。 3. 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。 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. mg 2. $mg/3$ 3. $mg/2$ 4. $2mg$

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、物体は静止しているか、等速直線運動を続ける。 2. 物体に力が働かないとき、物体は必ず静止し続ける。 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. $15 \text{ kg} \cdot \text{m/s}$ 2. $10 \text{ kg} \cdot \text{m/s}$ 3. $30 \text{ kg} \cdot \text{m/s}$ 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. 衝突の前後で水平方向の外力が働かないため 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. 衝突が完全弾性衝突であり、反発係数が1であるため

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、加速度は鉛直下向きに重力加速度の大きさである。 2. 速度はゼロであり、加速度もゼロである。 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. $x = \sqrt{mgh/k}$ 2. $x = \sqrt{2mgh/k}$ 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. $V - M/\rho$ 2. $M/\rho - V$ 3. $\rho V - M$ 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2倍にする 2. 力を4倍にする 3. 力を1/2倍にする 4. 力を変える必要はない

答え合わせ・解説 No.9

問1	答え 2 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 1 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 1 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 1 $15 \text{ kg} \cdot \text{m/s}$	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 1 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 1 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 2 $x = \sqrt{2mgh/k}$	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 1 $V - M/\rho$	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 ρVg と表される。つり合いの式 $(M + \rho V_w)g = \rho Vg$ を V_w について解くと、 $V_w = V - M/\rho$ となる。
問10	答え 1 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。

問1 液体中のある深さにおける圧力に関する記述として、最も適切なものはどれか。（2016年 全国公立入試 類似）

1. 深さが深くなるほど、液体の密度に関わらず圧力は一定である。 2. 液体中の圧力は、大気圧の影響を受けない。 3. 深さ h における圧力は、大気圧に液体の密度、重力加速度、深さの積を加えた値である。 4. 液体中の圧力は、深さの2乗に比例して増加する。

問2 ある直線上を走行するバスの速度が 15m/s であり、その横を並行して走る列車が追い越していく状況を考える。バスに乗っている観測者から見て、列車が完全に通り過ぎるまでに 3.0 秒かかった。列車の長さが 120m であるとき、列車の速度は何 m/s か。（2005年 全国公立入試 類似）

1. 25m/s 2. 40m/s 3. 55m/s 4. 70m/s

問3 ある物体が半径 2.0m の円周上を、角速度 3.0rad/s で等速円運動している。このとき、微小時間 0.01s の間に生じる速度ベクトルの差の大きさは何 m/s か。（2022年 全国公立入試 類似）

1. 0.06m/s 2. 0.12m/s 3. 0.18m/s 4. 0.36m/s

問4 等速直線運動をしている2つの物体において、相対速度が常に一定となる理由として、最も適切なものはどれか。（2022年 全国公立入試 類似）

1. 両者の速度の差が時間とともに変化しないため 2. 両者の速度が常に同じ向きを向いているため 3. 両者の加速度がともにゼロではないため 4. 両者の位置関係が常に変化しないため

問5 質量 2m の小球Aが右向きに速さ v 、質量 m の小球Bが左向きに速さ $2v$ で衝突する状況において、衝突後の小球Aの速度ベクトルを v_A' 、小球Bの速度ベクトルを v_B' とする。運動量保存則を成分で表したとき、衝突前の全運動量の水平方向成分と垂直方向成分の組み合わせとして正しいものはどれか。（2020年 全国公立入試 類似）

1. 水平方向成分：0、垂直方向成分：0 2. 水平方向成分： $4mv$ 、垂直方向成分：0 3. 水平方向成分：0、垂直方向成分： $2mv$ 4. 水平方向成分： $2mv$ 、垂直方向成分： $2mv$

問6 水平方向に速さ 10m/s で走る台車から、台車に対して鉛直上向きに速さ 19.6m/s で小球を打ち上げた。重力加速度の大きさを 9.8m/s^2 とし、空気抵抗を無視できるものとするとき、小球が達する最高点の高さは何 m か。（2018年 全国公立入試 類似）

1. 10.0m 2. 19.6m 3. 29.4m 4. 39.2m

問7 質量 2.0kg のブロックが速度 5.0m/s で、静止していた質量 3.0kg のそりに滑り込み、一体となって運動した。このときの一体となった後の速度は何 m/s か。（2023年 全国公立入試 類似）

1. 2.0m/s 2. 2.5m/s 3. 3.0m/s 4. 5.0m/s

問8 透明なパイプ内を落下するおもりBが、距離 H だけ移動するのに時間 T を要した。このおもりBが等速直線運動をしていると仮定した場合、その速さを表す式として適切なものはどれか。（2025年 全国公立入試 類似）

1. H/T 2. $g \times T$ 3. $H \times T$ 4. $2 \times H/T$

問9 大きさが無視できない物体（剛体）が回転せずに静止状態を保つための条件について考える。剛体に複数の力が働き、それらがつり合っているとき、剛体が回転を始めないために必要な条件として最も適切なものを、次のうちから一つ選べ。（2017年 全国公立入試 類似）

1. 任意の点のまわりの力のモーメントの総和がゼロであること 2. 剛体の重心に働く力のモーメントが最大であること 3. 剛体に働くすべての力のベクトルの和がゼロであること 4. 剛体の両端に働く力の大きさが等しいこと

問10 質量 2.0kg の物体に鉛直上向きの力 F が働いている。この物体が静止している状態から、ある区間で力 F を 30N に増加させたところ、鉛直上向きに加速度が生じた。このときの加速度の大きさは何 m/s^2 か。ただし、重力加速度の大きさを 9.8m/s^2 とし、空気抵抗は無視できるものとする。（2022年 全国公立入試 類似）

1. 5.2m/s^2 2. 9.8m/s^2 3. 15.0m/s^2 4. 24.8m/s^2

答え合わせ・解説 No.10

問1	答え 3 深さhにおける圧力は、大気圧に液体の密度、重力加速度、深さの積を加えた値である。	静止している液体中の圧力は、その点より上にある流体の重さによって生じます。深さhにおける圧力は、液面にかかる大気圧 P_0 に、深さhまでの液体柱の重さによる圧力 (ρgh) を加えたものとなります。これはパスカルの原理や流体の静力学の基本法則に基づいています。
問2	答え 3 55m/s	バスから見た列車の相対速度は、列車の長さを通過時間で割ることで求められる。120mを3.0秒で割ると、相対速度は40m/sとなる。相対速度は (列車の速度) - (バスの速度) で表されるため、列車の速度は40m/sにバスの速度15m/sを加えて55m/sと算出できる。相対速度の概念を正しく理解し、観測者の速度を考慮することが重要である。
問3	答え 3 0.18 m/s	等速円運動の速さvは、 $v = r\omega$ の関係式から求めることができる。半径 $r = 2.0$ m、角速度 $\omega = 3.0$ rad/sを代入すると、 $v = 2.0 \times 3.0 = 6.0$ m/sとなる。速度ベクトルの差の大きさは $v\omega\Delta t$ で与えられるため、 $6.0 \times 3.0 \times 0.01$ を計算すると0.18 m/sとなる。微小時間における速度の変化は、加速度の定義とも密接に関連している。
問4	答え 1 両者の速度の差が時間とともに変化しないため	等速直線運動では、物体の速度ベクトルは時間的に変化しない。相対速度は相手の速度ベクトルから自分の速度ベクトルを引いたものであり、両者の速度が一定であれば、その差である相対速度もまた時間的に変化せず一定となる。これはガリレイ変換における慣性系の性質に基づいている。
問5	答え 1 水平方向成分 : 0、垂直方向成分 : 0	運動量はベクトル量であるため、衝突前の各物体の運動量を成分ごとに計算する。小球Aの運動量は右向き (正の方向) に2mv、小球Bの運動量は左向き (負の方向) に2mvである。これらを合計すると、水平方向成分は $2mv + (-2mv) = 0$ となる。また、衝突前は両者とも水平面上を運動しており、垂直方向の速度成分は持たないため、垂直方向成分も0となる。
問6	答え 2 19.6 m	最高点の高さhは、鉛直方向の初速度 v_0 を用いて $h = v_0^2 / (2g)$ で求められます。本問では台車の水平速度に関わらず、鉛直方向の初速度成分は19.6 m/sです。これに $g = 9.8$ m/s ² を代入すると、 $h = (19.6^2) / (2 \times 9.8) = 384.16 / 19.6 = 19.6$ m となります。台車の水平方向の運動は最高点の高さに影響を与えないため、静止時と同じ計算結果が得られます。
問7	答え 1 2.0 m/s	運動量保存則より、衝突前の運動量の総和は衝突後の運動量の総和と等しくなります。衝突前の運動量は 2.0 kg \times 5.0 m/s = 10.0 kg \cdot m/s です。衝突後は合計質量 (2.0 kg + 3.0 kg) = 5.0 kg が速度Vで動くと考え、 5.0 kg \times V = 10.0 kg \cdot m/s となり、 $V = 2.0$ m/s と算出されます。
問8	答え 1 H / T	等速直線運動では、速さは移動距離をその移動に要した時間で割ることで算出できる。本問では、おもりBが移動した距離がHであり、要した時間がTであるため、速さはHをTで割ったH / Tとなる。重力加速度gや係数2などは、等速直線運動の定義には含まれない。
問9	答え 1 任意の点のまわりの力のモーメントの総和がゼロであること	剛体が平行移動しないための条件は、働くすべての力のベクトルの和 (合力) がゼロであることである。これに対し、剛体が回転せずに静止状態を保つためには、任意の点のまわりの力のモーメントの総和がゼロであることが必要となる。この2つの条件が同時に満たされることで、剛体は完全に静止する。
問10	答え 1 5.2 m/s ²	運動方程式 $F - mg = ma$ を用いる。 $F = 30$ N、 $m = 2.0$ kg、 $g = 9.8$ m/s ² を代入すると、 $30 - 2.0 \times 9.8 = 2.0 \times a$ となる。これを計算すると $30 - 19.6 = 2.0a$ となり、 $10.4 = 2.0a$ から、 加速度 a は 5.2 m/s ² と求められる。