

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：下向き、ばねB：下向き | 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：上向き、ばねB：上向き |
|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|

問2 長さ L の均質な棒の一端が鉛直な壁のちょうつがいに固定され、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. 2分の1mg | 2. 4分の1mg | 3. 4分のルート3mg | 4. 2分のルート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 | 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 | 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. $mg/2k$ | 2. $mg/3k$ | 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当なものを、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 $3F$ 、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 F 、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. $2F/k$ | 2. F/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 F_A 、ひもBの張力を F_B 、ひもCの張力を F_C とすると、これらの力の大きさの比 $F_A : F_B : F_C$ はいくらになるか。 (2018年 全国公立入試 類似)

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

答え合わせ・解説 No.6

問1	答え 4 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 1 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 3 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 2 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 4 $a = g \cdot \tan(\theta)$	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 3 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 2 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 4 $1 : 1 : \sqrt{2}$	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。