

## 高校物理 専門問題例

例 1 一様な材質でできた直方体の物体 A, B があり, 高さはそれぞれ  $0.60\text{m}$ ,  $0.30\text{m}$  である。水平な床の上に物体 A を置き, その上に物体 A と B の重心が, 同一鉛直線 PQ 上となるように物体 B を置いた。図 1 の  $F_1 \sim F_6$  は物体 A, B または床にはたらく力である。このとき, 次の (1) ~ (4) の問いに答えなさい。

(1)  $F_1 \sim F_6$  のうち, 物体 A にはたらく力をすべて選びなさい。

(2)  $F_1 \sim F_6$  のうち, 作用・反作用の関係にある力の組合せをすべて書きなさい。

[ 解答例:  $(F_1 \text{ と } F_2)$ ,  $(F_3 \text{ と } F_4)$  ]

(3)  $F_1$  と作用・反作用の関係にある力は何か, 書きなさい。

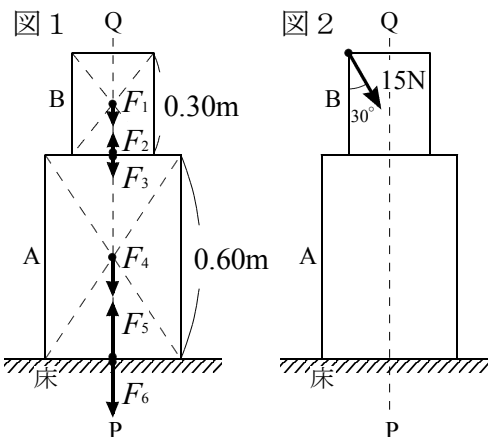
(4) 物体 A, B を一物体とみなしたとき, この物体系の重心の位置は床から何  $\text{m}$  の高さか, 求めなさい。ただし, A, B の質量の比は  $4:1$  とする。

次に図 2 のように, 物体 B の上端に  $15\text{N}$  の力を加えたところ, 物体 A, B とも静止したままだった。加えた力は鉛直線と  $30^\circ$  の角度をなし, 力の作用線が, 床面よりも上で鉛直線 PQ と交わる。このとき, 次の (5)・(6) の問いに答えなさい。

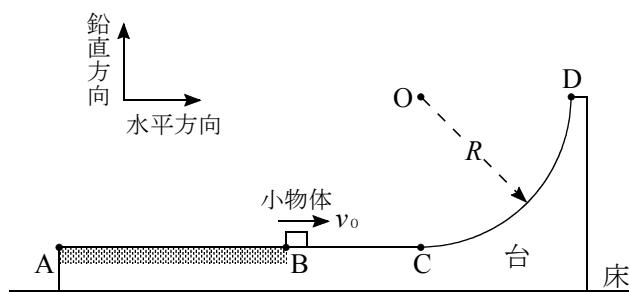
(5) 物体 B にはたらく摩擦力の向きと大きさを求めなさい。

(6) 床が物体 A に及ぼす力の作用点の位置は, 図 1 と比較してどうなっているか, 説明しなさい。

(H28)



例 2 図のように, 水平面 AC と半径  $R$  の円筒面 CD をもった質量  $M$  の台があり, この台上で質量  $m$  の小物体を滑らせる。AB 間では摩擦力がはたらくが, BC 間および CD 間では摩擦力ははたらない。重力加速度の大きさを  $g$ , 小物体の AB 間での動摩擦係数を  $\mu$  とし, 小物体は台上でのみ運動するものとする。



まず, 台を床に固定した。B で小物体に水平方向右向きに初速度  $v_0$  を与えたとき, 次の (1) ~ (3) の問いに答えなさい。

(1) 小物体が C を通過した直後, 小物体にはたらく垂直抗力の大きさを求めなさい。

(2) 小物体が CD を上昇中, 小物体に生じる加速度の向きを矢印で解答欄に示しなさい。

ただし, 小物体にはたらいっている重力, 垂直抗力は解答欄に示されたとおりとし, 作図に必要な補助線は点線で記入すること。

(3) 小物体が最高点に達したときの BC からの高さを求めなさい。

次に, 台の固定を解き, 台が床上を摩擦なしで運動できるようにした。B で小物体に水平方向右向きに初速度  $v_0$  を与えたとき, 次の (4) ~ (6) の問いに答えなさい。

(4) 小物体が最高点に達したときの BC からの高さを求めなさい。

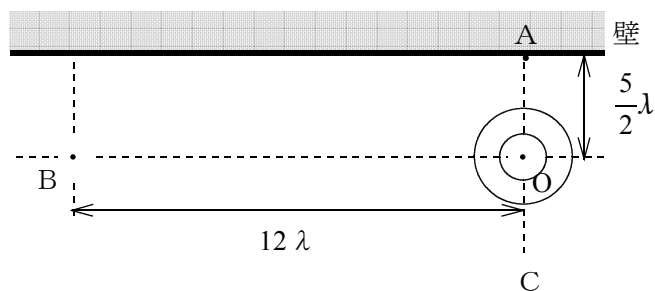
(5) 問い (4) を解くに当たって, 小物体と台の 2 物体系において保存する物理量がある。

その物理量を 2 つあげ, 保存する理由をそれぞれ説明しなさい。

(6) 小物体は最高点に達した後, 台上を滑り降り, BA 間で摩擦力を受けて台に対して静止した。このとき, 小物体の B からの距離を求めなさい。

(H27)

例 3 図のように、鉛直な壁で区切られた水面上の 1 点 O に波源があり、振動数  $f$ 、波長  $\lambda$  の円形の波が連続的に送り出されている。点 A は水面と壁との境界点、点 B は水面上の点であり、線分 OA は壁に垂直でその長さは  $\frac{5}{2}\lambda$ 、線分 OB は



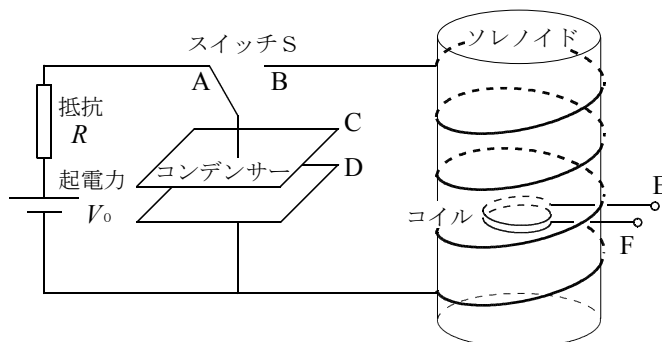
壁と平行で、その長さは  $12\lambda$  である。波

が壁で反射されるとき位相は変化しない。また、波の減衰は無視できるとして、次の (1) ~ (5) の問いに答えなさい。

- (1) 波が点 O を出てから壁で反射され点 B に届くのに要する時間を求めなさい。
- (2) 点 B では、波は強め合っているか、それとも弱め合っているか、あるいはそのいずれでもないか、理由を示して答えなさい。
- (3) 線分 OA 上で見られる波 (合成波) は何とよばれるか。また、その様子を図で表しなさい。ただし、点 O から出る波は振幅  $a$  の正弦波であるとする。
- (4) 図のように、点 O に対して点 A と反対方向の半直線 OC 上で見られる合成波はどのような波か、述べなさい。ただし、点 O から出る波は振幅  $a$  の正弦波であるとする。
- (5) 線分 OB 上 (両端を含む) で、弱め合う点はいくつあるか、答えなさい。

(H29)

例 4 図のように、起電力  $V_0$  の電池、抵抗  $R$  の電気抵抗、電気容量  $C_0$  の平行板コンデンサー、自己インダクタンス  $L$  のソレノイドからなる電気回路がある。また、ソレノイド内部にはコイルが置かれその巻き方はソレノイドと逆向きである。次の (1) ~ (4) の問いに答えなさい。



- (1) 次の文中の (a) ~ (d) の中に当てはまる式を入れなさい。

スイッチ S を A に入れ、十分に時間が経過したときのコンデンサーに蓄えられる電気量  $Q_0$  は (a) である。

次に、スイッチ S を B に入れる。コンデンサーの極板 C の電気量を  $Q$ 、極板 C に入る電流を  $I$  とする。微少時間  $\Delta t$  の極板 C の電気量の増加を  $\Delta Q$  とすると、 $I =$  (b) である。一方、微少時間  $\Delta t$  の極板 C に入る電流の増加を  $\Delta I$  とし、閉回路にキルヒホッフの第 2 法則を適用すると、方程式 (c) を得る。これら 2 つの式から、閉回路に周期  $T =$  (d) の電気振動が起こっていることが示される。

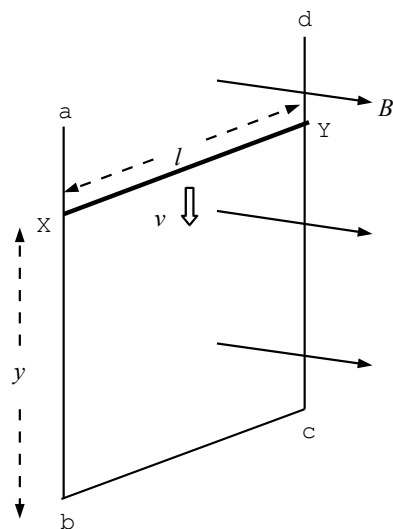
- (2) (1) の電気振動について、コンデンサーの電気量が  $Q_0/3$  のときのソレノイドに蓄えられるエネルギーを、 $Q_0$  を用いて求めなさい。
- (3) 電気振動の周期を 2 倍にするための方法を、コンデンサー、ソレノイドについてそれぞれ述べなさい。ただし、次の [ ] 内の語句を 1 つ以上用いること。

コンデンサー: [ 極板間隔, 極板面積 ]    ソレノイド: [ 単位長さ当たりの巻数, 断面積 ]

- (4) (1) の電気振動について、コイルの両端 EF 間に生じる起電力  $V$  と時間  $t$  の関係を表すグラフを描きなさい。ただし、スイッチ S を B に入れる時刻を  $t = 0$  s, EF 間の起電力の最大値を  $V_1$  とし、起電力は E が F より高電位のときを正とする。

(H28)

例 5 図のように、真空中で水平方向に磁束密度の大きさが  $B$  の一様な磁場があり、この磁場に垂直に導体棒の枠  $a b c d$  を固定する。この枠に導体棒  $X Y$  (質量  $m$ , 長さ  $l$ ) を、枠の上端  $a$  および  $d$  に、自由に上下に移動できるように接触させる。この導体棒  $X Y$  の電気抵抗は  $R$  で、その他の枠の部分の電気抵抗は無視できるとする。



時刻  $t = 0$  のとき、この導体棒  $X Y$  を水平を保ちながら静かに落下させる。導体棒  $X Y$  の高さが  $y$  になったときの時刻を  $t$ , 落下する速さを  $v$  とする。ただし、導体棒  $X Y$  と枠との摩擦は無視できるとして、次の (1) ~ (4) の問いに答えなさい。

- (1) 時刻  $t$  のとき、図の閉回路  $X b c Y$  を貫く磁束の大きさを求めなさい。また、この閉回路に生じる起電力の大きさを求めなさい。
- (2) 重力加速度の大きさを  $g$ , 時刻  $t$  における導体棒  $X Y$  の加速度を  $a$  として、このときの導体棒  $X Y$  についての運動方程式を表しなさい。ただし、鉛直下向きを正の向きとする。
- (3) 導体棒  $X Y$  が落下しはじめてから時間が十分経過するまで間、速さと時間の関係を表すグラフをかきなさい。ただし、導体棒の枠は鉛直方向に十分長いものとし、グラフを表すのに必要な値は座標軸に記入すること。
- (4) 時間が十分経過したとき、重力が導体棒  $X Y$  にする仕事について、どのようなエネルギーの変換が起こっているか、説明しなさい。

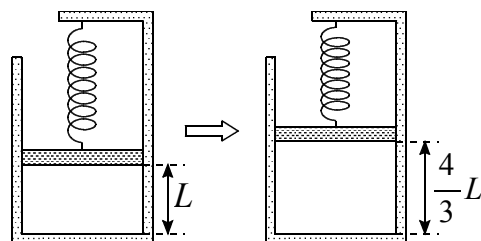
(H27)

例 6 核エネルギーに関して、次の (1)・(2) の問いに答えなさい。

- (1) 次の (a) ~ (d) に最も適切な語句または式を書きなさい。

原子核の質量は、それを構成する核子が単独にあるときの質量の和よりもわずかに (a) い。

陽子および中性子の質量をそれぞれ  $m_p$ ,  $m_n$  とし、原子番号  $Z$ , 質量数  $A$  の原子の原子核の質量を  $m_0$  とすれば、上に述べた質量の差  $\Delta m$  は  $\Delta m =$  (b) と表せる。この  $\Delta m$  を (c) という。また、このように原子核をばらばらの核子にするために必要なエネルギーを原子核の結合エネルギーといい、真空中の光の速さを  $c$  とすると、 $\Delta m$  を用いて (d) と表すことができる。



- (2) ウラン  $^{235}_{92}\text{U}$  に中性子  $^1_0\text{n}$  を衝突させると、バリウム  $^{141}_{56}\text{Ba}$  とクリプトン  $^{92}_{36}\text{Kr}$  に核分裂し、同時に数個の中性子を放出した。 $^{235}_{92}\text{U}$ ,  $^{141}_{56}\text{Ba}$ ,  $^{92}_{36}\text{Kr}$  の核子 1 個当たりの結合エネルギーを、それぞれ  $7.6\text{MeV}$ ,  $8.4\text{MeV}$ ,  $8.6\text{MeV}$  として、次の問いに答えなさい。
  - (a) この反応の核反応式を書きなさい。
  - (b) 核分裂の際に発生する中性子が、他の  $^{235}_{92}\text{U}$  に吸収され核分裂が持続する反応を何というか、答えなさい。また、一般にウランなどの核燃料が一定の量に達するとこの持続する反応が起こる。この状態を何というか、答えなさい。
  - (c)  $^{235}_{92}\text{U}$  1 個がこの核分裂をしたときに解放されるエネルギーは何  $\text{MeV}$  か、有効数字 2 桁で求めなさい。

(H28)

例 7 次の(1)～(3)の問いに答えなさい。

- (1) 次の文は、高等学校学習指導要領「理科」の「第2 物理基礎 1 目標」，「第3 物理 3 内容の取扱い (2) ア」の一部および「第3 物理 3 内容の取扱い (2) ウ」の一部である。□①～□⑩にあてはまる語句を答えなさい。

—「第2 物理基礎 1 目標」

日常生活や□①との関連を図りながら物体の運動と様々なエネルギーへの関心を高め、目的意識をもって観察、実験などを行い、物理学的に探究する□②を育てるとともに、物理学の□③や原理・法則を理解させ、科学的な見方や考え方を養う。

—「第3 物理 3 内容の取扱い (2) ア」の一部

内容の(1)のアの(ア) (曲線運動の速度と加速度) については、物体の平面内の運動を表す変位、速度及び加速度は□④で表されることを扱うこと。(イ) (斜方投射) については、物体の水平投射や斜方投射における速度、加速度、□⑤などを扱うこと。また、□⑥がある場合の落下運動にも触れること。(ウ) (剛体のつり合い) については、力の□⑦のつり合いを扱うこと。また、物体の重心にも触れること。

—「第3 物理 3 内容の取扱い (2) ウ」の一部

内容の(3)のアの(ア) (電荷と電界) については、□⑧も扱うこと。(エ) (電気回路) については□⑨の温度変化、内部抵抗も扱うこと。また、□⑩にも触れること。

- (2) 高等学校学習指導要領「理科」の「第3 物理 2 内容 (4) ウ (ア) 物理学が築く未来」については、その「3 内容の取扱い」において、「物理学の発展と科学技術の進展に対する興味を喚起するような成果を取り上げること」となっている。

あなたが物理学の発展と科学技術の進展に対する興味を喚起するような成果の具体的事例を取り上げて授業を行うとして、どのような具体的事例を取り上げますか。3つあげなさい。

- (3) 高等学校学習指導要領「理科」の「第2 物理基礎 2 内容 (2) イ 波」については、その「3 内容の取扱い (2) イ」において、「(イ) (音と振動) については、波の反射、共振、うなりなどを扱うこと」となっている。

あなたが、「共振」について、実験を取り入れた授業を行うとして、次の(a)・(b)の問いに答えなさい。

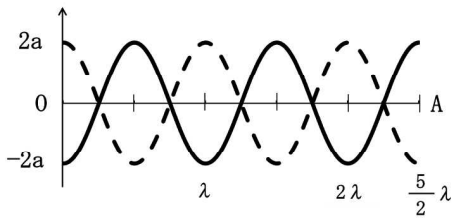
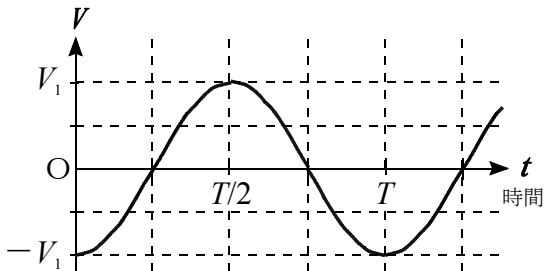
(a) 共振 (または共鳴という。) とは何か、簡潔に説明しなさい。

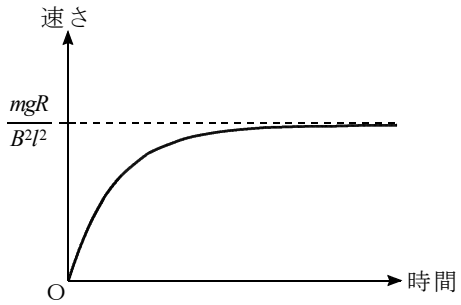
(b) あなたは、どのような実験を行いますか。実験に必要な準備物、手順、留意点等を簡潔に説明しなさい。

(H29)

高校物理 正答例

問題番号		正 答
例 1	(1)	$F_3, F_4, F_5$
	(2)	$(F_2 \text{ と } F_3), (F_5 \text{ と } F_6)$
	(3)	物体 B が地球を引く力
	(4)	0.39m
	(5)	水平左向きに 7.5 N
	(6)	(正答例) 図 2 の作用点は、図 1 の作用点より右側にある。
例 2	(1)	$m \left[ g + \frac{v_0^2}{R} \right]$
	(2)	<p>(便宜上, 2 力の作用点をそろえた)</p>
	(3)	$\frac{v_0^2}{2g}$
	(4)	$\frac{Mv_0^2}{2(m+M)g}$
	(5)	物理量： 運動量の水平成分
		理由：(正答例) この 2 物体系で、水平方向は内力を及ぼしあうだけで外力を受けないので、運動量の水平成分は保存する。
		物理量： 力学的エネルギー
		理由：(正答例) この 2 物体系には保存力以外の外力は仕事をしないので、力学的エネルギーは保存する。
	(6)	$\frac{Mv_0^2}{2(m+M)\mu g}$

問題番号		正 答
例 3	(1)	$\frac{13}{f}$
	(2)	壁に関して、Oと対称な点をO' とすると、OとO' を波源とする 2つの波による干渉と考えてよい。2つの波源からBまでの距離の差は $O'B - OB = 13\lambda - 12\lambda = \lambda$ と波長の整数倍となっており、2つの波は同位相であるので、点Bで波は強め合っている。
	(3)	波の名称：定常波（定在波）
		
	(4)	合成波は、振幅 $2a$ で下向きに進む進行波となる。
	(5)	4 個
例 4	(1)	(a) $C_0 V_0$
		(b) $\frac{\Delta Q}{\Delta t}$
		(c) $-L \frac{\Delta I}{\Delta t} = \frac{Q}{C_0}$
		(d) $2\pi \sqrt{LC_0}$
	(2)	$\frac{4Q_0^2}{9C_0}$
	(3)	(コンデンサー) (正答例) コンデンサーの極板面積のみを4倍にする
		(ソレノイド) (正答例) ソレノイドの単位長さ当たりの巻数のみを2倍にする
	(4)	

問題番号		正 答	
例 5	(1)	磁束の大きさ	$Byl$
		起電力の大きさ	$vBl$
	(2)	$ma = mg - \frac{vB^2l^2}{R}$	
	(3)		
	(4)	(正答例) 重力が導体棒にする仕事は，電磁誘導により生じる電気エネルギーへと変わり，その後，導体棒で発生するジュール熱へと変わっていく。	
例 6	(1)	(a)	小 さ
		(b)	$Zm_p + (A - Z)m_n - m_o$
		(c)	質 量 欠 損
		(d)	$\Delta mc^2$
	(2)	(a)	${}_{92}^{235}\text{U} + {}_0^1\text{n} \rightarrow {}_{56}^{141}\text{Ba} + {}_{36}^{92}\text{Kr} + 3{}_0^1\text{n}$
		(b)	連鎖反応
			状態： 臨 界
	(c)	$1.9 \times 10^2$ (MeV)	

問題番号		正 答	
例 7	(1)	①	社会
		②	能力と態度
		③	基本的な概念
		④	ベクトル
		⑤	重力の働き
		⑥	空気の抵抗
		⑦	モーメント
		⑧	静電誘導
		⑨	抵抗率
		⑩	半導体
	(2)	(正答例) ナノテクノロジーやナノマシンの開発	
		(正答例) 量子コンピュータの開発	
		(正答例) 脳科学や人工知能への物理学の応用	
	(3)	(a)	(正答例) 振動体に，その固有振動数と等しい振動が外部から加わると，次第に振幅が大きくなっていく。この現象を共振という。
		(b)	(正答例) 振動数の等しい2つのおんさを準備し，共鳴箱の口を向かいあわせて置く。一方のおんさを鳴らし，しばらくしてそのおんさの音を止める。すると，もう一方のおんさが鳴っており，共振が起きたことがわかる。振動数がわずかに異なるおんさでは，共振が起きないことも確認させるとよい。