（2014年度）

物　理　問　題（90分）

（この問題冊子は10ページ，3問である。）

受験についての注意

1. 監督の指示があるまで，問題冊子を開いてはならない。
2. 試験開始前に，監督から指示があったら，解答用紙の右上の番号が自分の受験番号と一致することを確認し，所定の欄に氏名を記入すること。次に，解答用紙の右側のミシン目にそって，きれいに折り曲げてから，受験番号と氏名が書かれた切片を切り離し，机上に置くこと。
3. 監督から試験開始の指示があったら，この問題冊子が，上に記したページ数どおりそろっていることを確かめること。
4. 筆記具は，**HかFかHBの黒鉛筆またはシャープペンシル**に限る。万年筆・ボールペンなどを使用してはならない。時計に組み込まれたアラーム機能，計算機能，辞書機能などを使用してはならない。
5. **解答は解答用紙の各問の選択肢の中から正解と思うものを選んで，そのマーク欄をぬりつぶすこと**。その他の部分には何も書いてはならない。
6. マークをするとき，マーク欄からはみ出したり，白い部分を残したり，文字や番号，○や×をつけてはならない。
7. 訂正する場合は，消しゴムでていねいに消すこと。**消しくずはきれいに取り除くこと**。
8. 解答用紙を折り曲げたり，破ったりしてはならない。
9. 試験時間中に退場してはならない。
10. 解答用紙を持ち帰ってはならない。
11. 問題冊子，計算用紙は必ず持ち帰ること。

1 図のように，水平面と θ の角をなす二等辺三角形型の固定された台がある。質量 m のおもりAと質量 m の箱Bが伸びない軽い糸でつながれ，頂上にある軽い滑車を通して斜面の上で静止している。最初の状態で，Aの位置は，頂上から斜面に沿って $2l$ の距離にあるものとする。Bが置かれた右側の斜面は摩擦がないが，Aが置かれた左側の斜面には摩擦がある。

Aが置かれた場所の静止摩擦係数は μ である。左側斜面の動摩擦係数は，Aが置かれた場所から斜面に沿って l だけ進んだ地点Pまでは $\dfrac{\mu}{2}$ で，Pを越えると 2μ となる。また，糸と滑車の間に摩擦はなく，おもりAと滑車の大きさは無視できる。重力加速度を g とする。

箱Bの中にゆっくりと水を注ぎ，箱Bと注いだ水の質量の和が $2m$ になったとき，AとBは斜面に沿って動き始めた。

1. Aが置かれた場所の静止摩擦係数 μ は，〔 1 〕である。動き始めたときの糸の張力は，〔 2 〕$\times mg$ である。また，AとBの斜面にそっての加速度は，〔 3 〕$\times g$ である。

2. AがPに達したときの，AとBの速さを v とすると，$v^2 =$〔 4 〕$\times gl$ である。したがって，このときAとB（水を含む）のもつ運動エネルギーの和 E_1 は，〔 5 〕$\times mgl$ である。

3. AがPに達するまでに，摩擦によって失われたエネルギー E_2 は，〔 6 〕$\times mgl$ であり，それまでに，AとB（水を含む）が失った位置エネルギー E_3 は，〔 7 〕$\times mgl$ である。これより，$E_3 = E_1 + E_2$ が確認できる。

4. AはPを通過した後，摩擦の大きい領域に入り，Pから〔 8 〕$\times l$ だけ進んだところで静止し，頂点まで到達することはなかった。Pを過ぎてから静止するまでに，摩擦によって失われたエネルギー E_4 は，〔 9 〕$\times mgl$ である。最初に動き出してから静止するまでに，AとB（水を含む）が失った位置エネルギー E_5 は，〔 10 〕$\times mgl$ である。

5. 最初の状態で，手で箱Bをおさえたまま，注ぐ水の量を増やすことにする。箱Bと水の質量の合計が〔　11　〕$\times m$ 以上になったときに手を離して動き出すようにすれば，A は頂上まで達することができる。

〔　1　〕～〔　11　〕の選択肢

a)	0	b)	1	c)	2	d)	3	e)	4
f)	$\dfrac{1}{2}$	g)	$\dfrac{3}{2}$	h)	$\dfrac{5}{2}$	i)	$\dfrac{1}{4}$	j)	$\dfrac{3}{4}$
k)	$\dfrac{5}{4}$	l)	$\dfrac{7}{4}$	m)	$\dfrac{9}{4}$	n)	$\sin\theta$	o)	$\cos\theta$
p)	$\tan\theta$	q)	$\dfrac{1}{6}\sin\theta$	r)	$\dfrac{1}{5}\sin\theta$	s)	$\dfrac{1}{4}\sin\theta$	t)	$\dfrac{1}{3}\sin\theta$
u)	$\dfrac{1}{2}\sin\theta$	v)	$\dfrac{3}{4}\sin\theta$	w)	$\dfrac{3}{2}\sin\theta$	x)	$\dfrac{4}{3}\sin\theta$	y)	$\dfrac{5}{3}\sin\theta$

2 一辺 l の正方形の枠を導線を用いて作り，その一辺に電気抵抗 R の抵抗，あるいはインダクタンス L のコイルを挿入し，図1のように各辺が x 軸あるいは y 軸に平行になるように置く。抵抗とコイルのサイズは l に比べて十分小さいとし，導線の抵抗は無視できるとする。また，枠に流れる電流が作る磁場は無視してよい。電流の符号はPからQへ枠を時計回りに流れる場合を正とする。

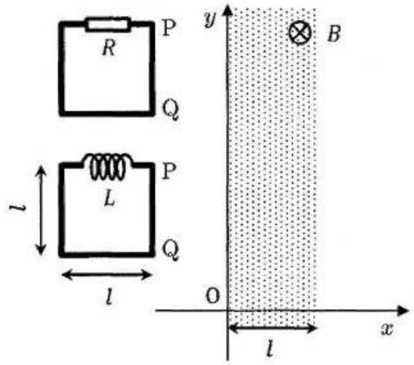


図1

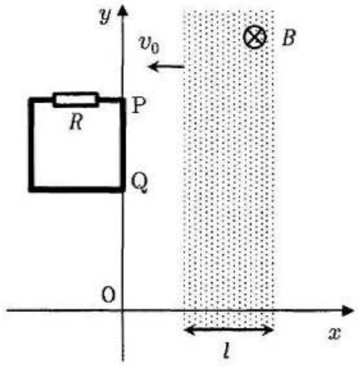


図2

1. 図1のように，$0 < x < l$ の領域に磁束密度 B の一様な磁場を紙面表から裏に向かう方向にかけておく。R が取り付けられた枠を押して，一定の速度 v_0 で x 軸正の方向に動かす。辺PQが $x = 0$ に到達した時刻を $t = 0$ とする。時刻 $0 < t < \dfrac{l}{v_0}$ のとき，枠を貫く磁束は〔　1　〕と書ける。このとき，枠に流れる電流の大きさは〔　2　〕となる。枠を速度 v_0 で動かし続けるために必要な力は〔　3　〕である。時刻 $\dfrac{l}{v_0} < t < \dfrac{2l}{v_0}$ のとき，流れる電流の大きさは〔　4　〕であり，枠を速度 v_0 で動かし続けるために必要な力は〔　5　〕となる。電流の時間変化を表わしたグラフは〔　6　〕となり，抵抗で消費される電力の時間変化を表したグラフは〔　7　〕である。

2. 次に，コイル L が取り付けられた枠を上と同じように速度 v_0 で x 軸方

向に動かす。辺PQが $x = 0$ に到達した時刻を $t = 0$ とすると，時刻 $0 < t < \dfrac{l}{v_0}$ のとき，枠を貫く磁束は前問と同様に〔　1　〕と書け，流れる電流の大きさは〔　8　〕となる。電流の時間変化を表わしたグラフは〔　9　〕，枠に加える力の時間変化を表したグラフは〔　10　〕，コイルに蓄えられるエネルギーの時間変化を表したグラフは〔　11　〕である。

3. 図2のように，R が取り付けられた枠の辺PQを y 軸に重なるように置く。枠は x 軸に平行に摩擦無しで自由に動けるものとする。また，抵抗を含めた枠の質量を m とする。磁場がかかっている幅 l の領域を，x 軸負の方向へ速さ v_0 で動かして行き，磁場領域の左端が y 軸に到達した時刻を $t = 0$ とする。$t > 0$ では，枠内の磁束が変化することで，枠が動き始める。枠が動き始めた後の磁場領域の位置は，枠に対する速さが常に v_0 となるように x 軸負の方向へ動き続けているとする。

枠が磁場領域に入ったとき，枠に流れる電流の大きさは〔　12　〕であり，枠は〔　13　〕していることがわかる。枠が磁場領域から完全に離れるのは時刻 $\dfrac{2l}{v_0}$ であり，その後，枠は〔　14　〕している。

〔　1　〕〜〔　5　〕，〔　12　〕の選択肢

a) Blv_0　　b) B^2lv_0　　c) Bl^2v_0　　d) $B^2l^2v_0$　　e) $B^2l^3v_0$

f) Blv_0t　　g) B^2lv_0t　　h) Bl^2v_0t　　i) $B^2l^2v_0t$　　j) $B^2l^3v_0t$

k) $\dfrac{Blv_0}{R}$　　l) $\dfrac{B^2lv_0}{R}$　　m) $\dfrac{Bl^2v_0}{R}$　　n) $\dfrac{B^2l^2v_0}{R}$　　o) $\dfrac{B^2l^3v_0}{R}$

p) $\dfrac{Blv_0t}{R}$　　q) $\dfrac{B^2lv_0t}{R}$　　r) $\dfrac{Bl^2v_0t}{R}$　　s) $\dfrac{B^2l^2v_0t}{R}$　　t) $\dfrac{B^2l^3v_0t}{R}$

〔　8　〕の選択肢

a) $\dfrac{Blv_0}{L}$　　b) $\dfrac{B^2lv_0}{L}$　　c) $\dfrac{Bl^2v_0}{L}$　　d) $\dfrac{B^2l^2L}{v_0}$　　e) $\dfrac{B^2l^3L}{v_0}$

f) $\dfrac{Blv_0t}{L}$　　g) $\dfrac{B^2lv_0t}{L}$　　h) $\dfrac{Bl^2v_0t}{L}$　　i) $\dfrac{B^2l^2Lt}{v_0}$　　j) $\dfrac{B^2l^3Lt}{v_0}$

〔 13 〕, 〔 14 〕の選択肢

a) 速度 $\dfrac{B^2l^3}{mR}$ で等速直線運動　　b) 速度 $\dfrac{-B^2l^3}{mR}$ で等速直線運動

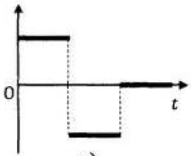
c) 速度 $\dfrac{2B^2l^3}{mR}$ で等速直線運動　　d) 速度 $\dfrac{-2B^2l^3}{mR}$ で等速直線運動

e) 速度 $\dfrac{B^2l^3}{2mR}$ で等速直線運動　　f) 速度 $\dfrac{-B^2l^3}{2mR}$ で等速直線運動

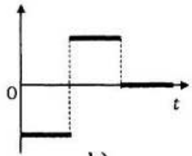
g) 加速度 $\dfrac{B^2l^2v_0}{mR}$ で等加速度運動　　h) 加速度 $\dfrac{-B^2l^2v_0}{mR}$ で等加速度運動

i) 加速度 $\dfrac{2B^2l^2v_0}{mR}$ で等加速度運動　　j) 加速度 $\dfrac{-2B^2l^2v_0}{mR}$ で等加速度運動

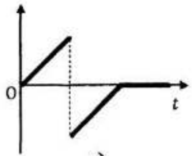
〔 6 〕, 〔 7 〕, 〔 9 〕～〔 11 〕の選択肢



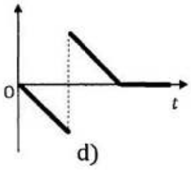
a)



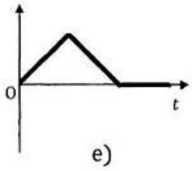
b)



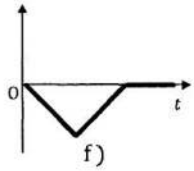
c)



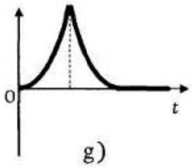
d)



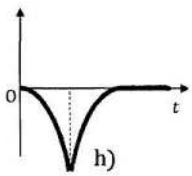
e)



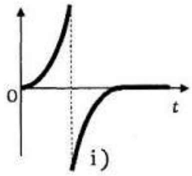
f)



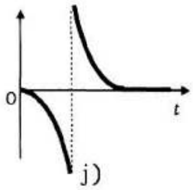
g)



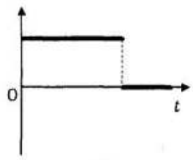
h)



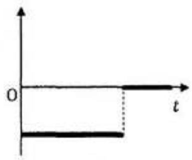
i)



j)



k)



l)

以下余白

3

1. 図1のように，x 軸から波面が角度 θ だけ傾いている波（波長 λ）が進んでいる場合を考える。ある時刻で，原点を波の山が通過したとする。このとき x 軸上で同時に山となる座標の間隔は〔　1　〕$\times \lambda$ のように書ける。さらに，図2のように y 軸に対して対称に進む波を入射し，x 軸上にスクリーンをおくと干渉縞が観測できる。このときの節の間隔は〔　2　〕$\times \lambda$ である。

2. 次に，十分広い面積をもつ回折格子による光の回折を考える。図3のように x 軸上にスリットの開口部の中心の一つが原点に重なるように回折格子を置き，y 軸方向に進む波長 λ の光を入射させた。スリットの幅は間隔に比べて十分に狭いものとする。回折格子を通過した後，光は y 軸方向のものも含めて5本に分かれた。以下では，これらの回折光をそれぞれ0次光，± 1 次光，± 2 次光と呼ぶ。このとき，スリット間隔 d は〔　3　〕$\times \lambda < d <$ (〔　3　〕$+ 1) \times \lambda$ を満たす。また，± 1 次光の進行方向と y 軸がなす角度を θ とすると，$d \sin\theta =$〔　4　〕$\times \lambda$ を満たす。

3. 図4のように，0次光を壁でさえぎった。さらに回折格子の両側に，2枚の鏡を y 軸に平行かつ対称に置いて ± 1 次光のみを反射させ，回折格子と平行に置いたスクリーンに入射させた。このとき，スクリーン上で ± 1 次光による干渉縞が観測され，〔　5　〕となった。

   次に，鏡の位置を y 軸に対称にずらして，± 2 次光のみを反射させ，両者を干渉させた。このとき〔　6　〕であった。回折格子を x 軸の負の方向に $\dfrac{d}{2}$ だけ平行移動させたところ，〔　7　〕となった。

   さらに，一つおきにスリットを閉じ，再び鏡の位置を y 軸に対称にずらして ± 1 次光のつくる干渉縞を観測したところ，〔　8　〕となった。

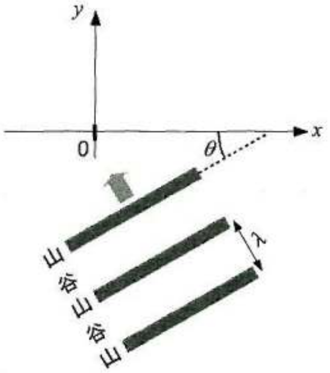


図 1

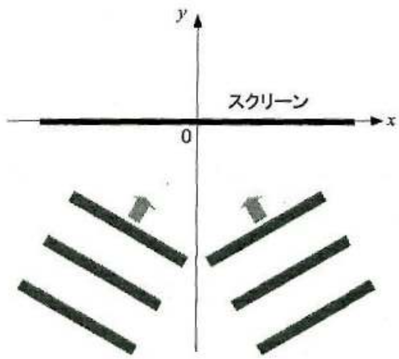


図 2

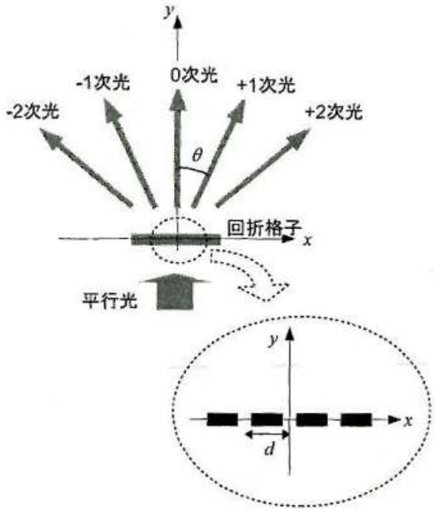


図 3

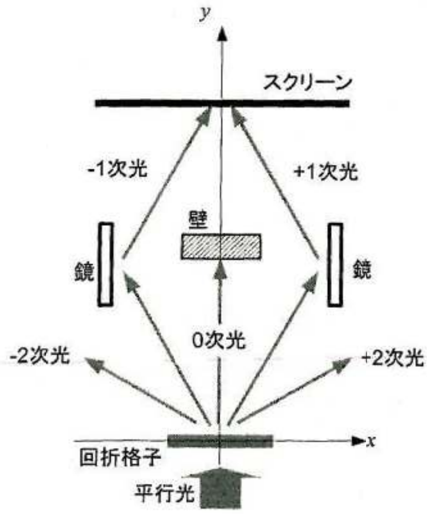


図 4

〔 1 〕～〔 4 〕の選択肢

a) 1　b) 2　c) 3　d) $\sin\theta$　e) $\cos\theta$　f) $2\sin\theta$

g) $2\cos\theta$　h) $\sin 2\theta$　i) $\cos 2\theta$　j) $\dfrac{1}{\sin\theta}$　k) $\dfrac{1}{\cos\theta}$　l) $\dfrac{1}{\sin 2\theta}$

m) $\dfrac{1}{\cos 2\theta}$　n) $\dfrac{1}{2\sin\theta}$　o) $\dfrac{1}{2\cos\theta}$

〔 5 〕～〔 8 〕の選択肢

a) 干渉縞の間隔は d であり，かつ y 軸上では明線

b) 干渉縞の間隔は d であり，かつ y 軸上では暗線

c) 干渉縞の間隔は $\frac{d}{2}$ であり，かつ y 軸上では明線

d) 干渉縞の間隔は $\frac{d}{2}$ であり，かつ y 軸上では暗線

e) 干渉縞の間隔は $2d$ であり，かつ y 軸上では明線

f) 干渉縞の間隔は $2d$ であり，かつ y 軸上では暗線

g) 干渉縞の間隔は $\frac{d}{4}$ であり，かつ y 軸上では明線

h) 干渉縞の間隔は $\frac{d}{4}$ であり，かつ y 軸上では暗線

i) 干渉縞の間隔は $4d$ であり，かつ y 軸上では明線

j) 干渉縞の間隔は $4d$ であり，かつ y 軸上では暗線