

平成 16 年度  
千葉大学先進科学プログラム入学者選考課題

小論文

実施時間 [ 9 : 00 - 16 : 30 ]

課題

注意事項

- 1 . 必要に応じて監督者が指示を与えますので、これに従ってください。
- 2 . 小論文の課題 には、[ - A ], [ - B ], [ - C ], [ - D ] の 4 題があります。  
志望するコースによって、次に示す問題を解答してください。
  - ・物理学コース，フロンティアテクノロジーコース：  
[ - A ], [ - B ] の両方を解答してください。
  - ・人間探求コース：  
[ - A ], [ - B ], [ - C ], [ - D ] の中から 2 題を選択して，  
その 2 題両方を解答してください。
- 3 . 小論文は，諸君のいろいろな能力を多角的に見るための参考資料にしますので，できるだけ筋道を立てて諸君自身の考えをわかりやすく記述してください。
- 4 . 小論文の解答を記入する用紙や書き方などについては，監督者が説明します。
- 5 . 検査室に用意してある資料，電卓は自由に使用してもかまいません。また，諸君が持参した教科書，参考書，辞書（辞典），ノートなどを参照してもかまいません。
- 6 . 小論文作成中に，控え室で自由に休んだり食事をしてかまいませんが，外出することはできません。

[ II - A ]

水平方向に  $x$  軸、鉛直方向に  $y$  軸を選び、 $xy$  面内を運動する質量  $m$  の質点（質点  $m$  と呼ぶ）の運動を考察しよう。図 1 には質点  $m$  の軌跡と各点を通過する時刻  $t$  が示されている。以下の問 1、問 2、問 3 に答えなさい。ただし、問 1、問 2 では、時間と長さの数値の単位は [s] と [m] であり、 $m = 0.1$  [kg] として具体的な値を求めなさい。

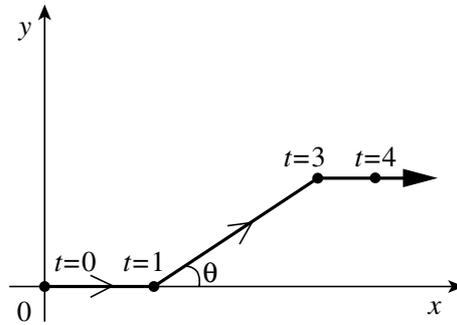


図 1

問 1 質点  $m$  は時刻  $t < 0$  では静止していたが、時刻  $t = 0$  に原点から水平面上を  $+x$  方向に向かって突然動き出し、時刻  $0 < t < 1$  では等速度運動をした。時刻  $t = 1$  では重力以外の力が働き、速さが急に変わり、時刻  $1 < t < 3$  の範囲では、図 1 に示すように、水平面から角度  $\theta$  の斜面上を上がった。図 2 は、時刻  $t$  を横軸に、質点  $m$  の動いた長さ  $\ell(t)$ （水平の移動距離とは限らない）を縦軸にとり、質点が動き出す前の時刻も含めて  $\ell(t)$  を図示したものである。表 I は  $0 < t < 3$  におけるいくつかの時刻  $t$  に対する図 2 の  $\ell(t)$  の測定値である。この問 1 では、斜面上の運動について考える。

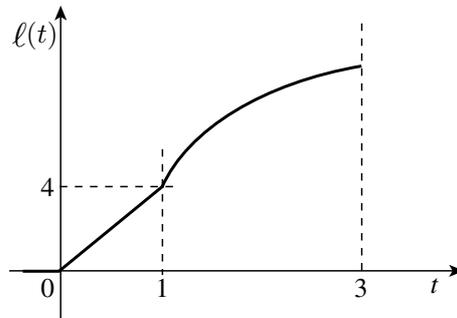


図 2

表 I

$t$ [s]	0	0.50	1.00	1.05	1.10	1.15	1.20	1.25
$\ell(t)$ [m]	0	2.000	4.000	4.297	4.587	4.871	5.149	5.421
$t$ [s]	1.95	2.00	2.05	2.10	2.15	2.20	2.25	
$\ell(t)$ [m]	8.555	8.732	8.902	9.066	9.223	9.374	9.518	

- (1) 表 I のデータを使って、速度や加速度を  $t$  の関数として求め、時刻  $1 < t < 3$  の間に質点  $m$  に働いている力の大きさと方向を求めなさい。また、時刻  $t = 1$  のあがりだしの速さを求めなさい。ただし、表 I のデータを処理する場合、測定の間時間きざみが有限であるので多少の誤差が生じる。また、配られた電卓やグラフ用紙を自由に利用してよい。
- (2) 斜面上で質点  $m$  に働く力が、 $-y$  方向への重力と斜面に垂直に働く斜面からの抗力だけであると仮定する。斜面の角度  $\theta$  を、度、または、ラジアンで求めなさい。重力加速度の大きさを  $g = 9.8 \text{ [m/s}^2\text{]}$  とする。
- (3) 上の (2) のように、質点  $m$  に働く力が重力と抗力だけであると仮定すると、表 I の  $t = 2$  の  $\ell(t)$  の値と (1) で調べた力の大きさをういて、あがりだしの速さの値を求めることができる。その値を求めよ。
- (4) 時刻  $t = 2$  での質点  $m$  の運動エネルギーや運動量は、斜面をあがる間に受けた力が原因となって、あがりだした  $t = 1$  の時と比べると減少している。運動エネルギーや運動量の減少分と受けた力の関係を、表 I のデータにもとづく数値を用いて説明しなさい。ただし、あがりだしの速さとして (1)、(3) のいずれの値を用いてもよい。

問 2 質点  $m$  は、図 3 に示すように、時刻  $t = 3$  で斜面から水平面に移る曲がり角において重力以外の力をうけ、速さ  $3 \text{ [m/s]}$  の水平面に沿う等速度運動にもどった。その後、時刻  $t = 4$  でも、重力以外の力が働き、速さが  $2 \text{ [m/s]}$  に急に変わった。時刻  $t = 4$  から  $t = 5$  まではそのまま等速運動を続けた。

$t = 4$  で速さが急に变化した原因を調べるために、 $t = 4$  付近で測定の間時間きざみを小さくして  $\ell(t)$  を測定をしたところ、図 4 のように、移動距離も速度も滑らかに变化している結果を得た。さらに図 4 を詳しく解析すると、 $t = 4.000$  をはさむごく短時間  $\Delta t (= 0.010)$  の間に、一定の大きさの外力が働いていたことがわかった。このようにして、速さが急に不連続に变化するかのように見える運動でも、より精密に測定してみると、外力のもとで速さが連続に変化していることがわかる。以下の (1)、(2)、(3) に答えなさい。

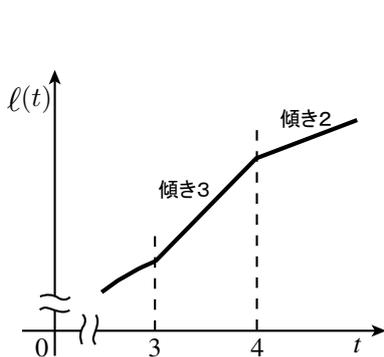


図 3

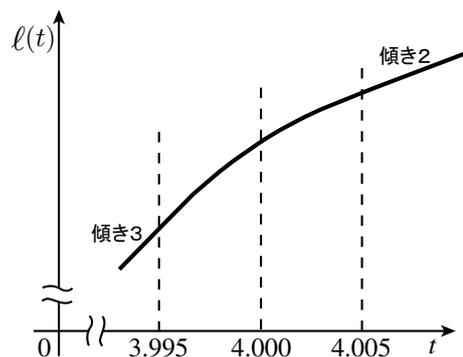


図 4

- (1) 時刻  $t = 4.000$  前後での速さの値を用いて、

$$4.000 - \frac{\Delta t}{2} < t < 4.000 + \frac{\Delta t}{2} \quad (\Delta t = 0.010)$$

の間に質点  $m$  に働いた力の大きさと向きを求めなさい。この力は重力が無視できるくらい大きいと仮定してよい。

- (2) 時刻  $t = 0$  や、 $t = 1$ 、 $t = 3$  の瞬間における速さの突然の変化も、時刻  $t = 4$  の時と同じように精密な測定をすれば、その原因になった力が解析できる。 $t = 0, 1, 3$  のいずれの瞬間も、 $t = 4$  のときと同様に  $\Delta t = 0.010$  の間に一定の力が働いていたと仮定し、その力の大きさと向きを、 $xy$  面の原点から引いたベクトル  $\vec{F}_0, \vec{F}_1, \vec{F}_3$  で示しなさい。ただし、ベクトルは、相対的な大きさや向きの違いの概略がわかれば十分である。
- (3) 以上の問 1, 問 2 の結果をまとめて、時刻  $-1 < t < 5$  において質点に加わる力  $\vec{f}(t)$  を、 $x$  成分  $f_x(t)$  と  $y$  成分  $f_y(t)$  に分け、 $t$  の関数としてそれぞれ図示しなさい。ただし、大きさを正確に図示する必要はないが正負は正しく図示しなさい。瞬間にだけ働く力も工夫して図に記入すること。

問 3 等速の運動をしていた質点  $m$  は、時刻  $t = 5$  で、図 5 に示すように、バネ定数  $k$  のバネにつながれた質量  $M$  の質点 (質点  $M$  と呼ぼう) に衝突した。ただし、質点  $M$  は、衝突する前はばねののびがゼロの位置に静止していた。以下の問では、質点  $m$  の質量を  $m$ 、衝突直前の質点  $m$  の速度を  $v$  として  $m, v$  を用いて答えなさい。ただし、質点  $m$  と質点  $M$  の衝突の前後では運動量保存則と力学的エネルギー保存則が成り立つとしてよい。また、 $M/m = p$  とする。



図 5

- (1)  $M = m$  (つまり  $p = 1$ ) の場合を考える。衝突の位置から測った質点  $m$  の位置  $x'$  と質点  $M$  の位置  $X'$  を、衝突からの時間  $t'$  ( $t' = t - 5$ ) の関数として、 $t' > -1$  の範囲で図示しなさい。 $x'(t')$  を実線で、 $X'(t')$  を点線で同一のグラフの上に表すこと。
- (2)  $M > m$  ( $p > 1$ ) の場合を考える。衝突直後の質点  $m$  の速度  $v'$  と衝突前の  $v$  の比  $|v'/v|$  を、 $p$  の関数として  $p > 1$  の範囲で図示しなさい。
- (3) (イ)  $M$  が  $m$  より十分に大きな場合 (たとえば、 $p = 50$ ) と (ロ)  $M$  が  $m$  よりわずかに大きい場合 (たとえば、 $p = 1.1$ ) を考える。それぞれの場合について、(1) と同様に、 $x'(t')$ 、 $X'(t')$  を、実線と点線で運動の特徴がわかるように図示しなさい。
- (4)  $p$  の値を 1 から次第に大きくすると、運動の特徴は、(3) の (ロ) から (イ) の場合に変化する。その境界となる  $p$  の値  $p_0$  を求めなさい。

## [ II - B ]

### 問 1

図 1 のように、衝立をはさんで点光源と測定器がおかれている。点光源から出て衝立にあげられたスリットを通過した光が、測定器でどのような明るさ（強度）に観測されるか考えてみよう。

衝立には、自由に開閉できる幅  $0.02 \text{ mm}$  のスリットが  $0.25 \text{ mm}$  間隔で 3 本用意されている。点光源は、中央のスリットの真正面で、衝立から十分に離れたところにある。点光源から、波長が  $\lambda = 530 \text{ nm}$ （ただし  $1 \text{ nm} = 10^{-9} \text{ m}$ ）の緑色の単色光が出ている。衝立から  $2 \text{ m}$  離れたところを、測定器は衝立にそって平行に動くことができる。この測定器には大きさが無視できる小さな受光体がついていて、受光体に届いた光だけを感じし、その明るさを測ることができる。

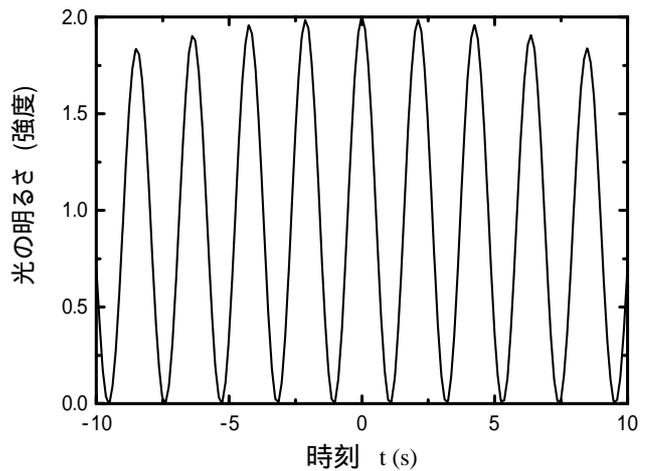
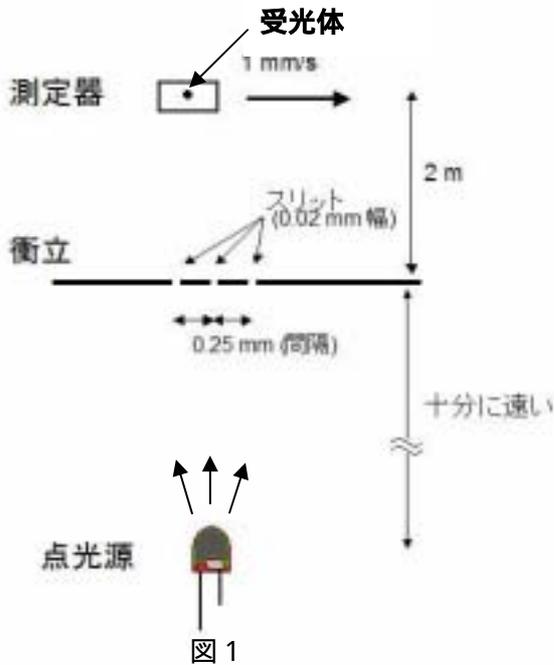


図 2

最初に、中央のスリットを閉じ、両端のスリットを開ける。測定器を毎秒  $1 \text{ mm}$  の速さで左から右に移動させながら、受光体に届く光の明るさを観測したところ、図 2 に示すように明るさが変化した。図の横軸は時刻  $t$  [s] で、受光体が中央のスリットの正面を通過した時刻を  $t = 0$  としている。

- (1) 中央のスリットを閉じて、両端のスリットを開けた状態で、点光源だけを波長が  $\lambda = 630 \text{ nm}$  の赤色と  $\lambda = 490 \text{ nm}$  の青緑色の光を同時に出すものに変えたら、観測される光の明るさはどのように変化するだろうか。その様子を、図 2 と同様なグラフを描いて説明しなさい。

- (2) 次に、点光源を再び緑色の単色光を出すものにもどし、左端のスリットだけを閉じて、中央と右端のスリットを開けた。この時、測定器を毎秒 1mm の速さで左から右に移動させながら、受光器に届く光の明るさを観測した。観測される光の明るさはどのように変化するか、その様子を図 2 と同様なグラフを描いて説明しなさい。また、右端のスリットを閉じて、中央と左端のスリット開けた場合と比較しなさい。
- (3) スリットを 3 本とも開けて、(2)と同様の実験を行った。観測される光の明るさはどのように変化するか、グラフを描いて説明しなさい。
- (4) もし、衝立のスリットを 5 本に増やし、全てのスリットを開けて(2)と同様の実験を行ったら、測定される光の明るさはどのように変化するだろうか。そのおおまかな様子をグラフで描くとともに、そのように描いた理由を述べなさい。ただし、スリットの本数は増えても、右端と左端のスリットの距離や個々のスリットの幅は一定に保たれたままとする。

## 問 2

図 3 は、地球から見えるある星が、月に隠れるときの星の明るさを、 $\lambda = 530 \text{ nm}$  の光に対して観測したものである。観測には、地球上の望遠鏡を用いた。望遠鏡を星に向けたままで固定すると、月は毎秒 850 m の速さで動くように見える。星を点光源、月を衝立とみなして図 3 の観測結果を考察しよう。ただし、図 3 の横軸は、時刻  $t$  [s]の代わりに月の移動距離 ( $x = 850t$ ) で表されていて、 $x = 0$  (つまり  $t=0$ ) は、星が月の縁に重なった瞬間である。

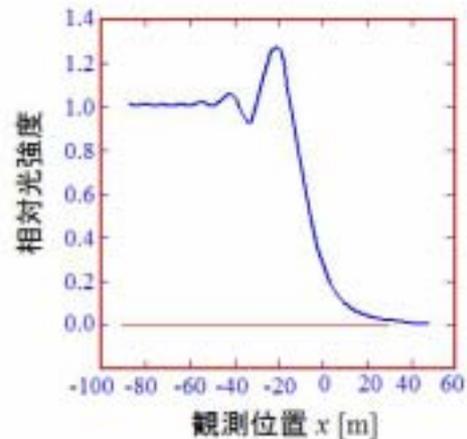


図 3

- (1) 星は  $x = 0$  で月の縁に重なり、その後、月の裏側に隠れたはずなのに、図 3 を見ると  $x > 0$  でも星からの光が届いている。どうして星が月の裏側に隠れても星からの光が届くのか、理由を述べなさい。
- (2) 図 3 を見ると、星からの光は星が月に隠れる直前に最も明るくなっている。これはどうしてか、理由を述べなさい。
- (3) (1)、(2)を参考にして、地球から月までの距離がおおよそどのくらいであるかを推定しなさい。

## [ II - C ]

### 問 1

器具の説明書を読む時には、説明が文章だけの場合よりも挿し絵があった方がわかりやすい。ただし、どのような挿し絵でも説明がわかりやすくなるかという、そういうわけでもない。では、どのような挿し絵が良いのだろうか。こうした疑問に答えるための調査が米国で行われた。以下は、その調査の紹介である。この調査から、説明文に加える挿し絵の効果について明らかとなったことをまとめたい。以下の(A)調査の紹介を読み、その後の(B)に示す問に答えなさい。

[注：ここで紹介する調査は、次の論文に基づいている：Mayer, R. E. & Gallini, J. K. (1990) Journal of Educational Psychology, 82, 715-726.]

#### (A) 調査の紹介

##### (A1) 調査の概要

調査は、ポンプの説明書を読んで、ポンプの動作がどれだけ理解できたかなどをテストで調べる、という形で行われた。

この調査には、米国の大学生が 96 人参加した。調査の際には、まず、家庭内で用いる工具や故障の修理などに関する質問をして、参加した大学生を知識が多いグループと少ないグループの半々に分けた。そして、それぞれのグループを、さらに、くじ引きで 12 人ずつの 4 つの組に分け、各組の人には以下に示す 4 種類のうちの 1 つの説明書を読んでもらった。この 4 つの組は、読んだ説明書の種類に応じて、それぞれ、「文章の組」、「部品の組」、「動作の組」、「部品と動作の組」と名づけた。説明書を読んだ後には、どの組の人も(A4)に示した 3 つのテストを受けた。

##### (A2) 4 つの組の人たちが読んだ説明書

- 1) 文章の組：挿し絵のない説明文だけの説明書
- 2) 部品の組：説明文に、ポンプの部品の挿し絵（図 1 a）を加えた説明書
- 3) 動作の組：説明文に、ポンプの動作の挿し絵（図 1 b）を加えた説明書
- 4) 部品と動作の組：説明文に、ポンプの部品と動作の挿し絵（図 1 c）を加えた説明書

##### (A3) 調査に用いたポンプの説明文

ポンプの説明文はどの説明書でも同じで、その一部は次の通りであった。

「自転車のタイヤ用のポンプは数種類あるが、種類の違いはポンプ内のバルブの数や位置、そしてシリンダーへの空気の入り方による。単純なポンプではピストンに流入バルブがついており、シリンダーのホース側に流出バルブがある。ポンプ内には上下に動くピストンがあり、ロッドがシリンダーに出入りする場所の近くからポンプ内に空気が入る。ロッドが引き上げられると、ピストンを通過して空気が入り、ピストンと流出バルブの間の領域を満たす。ロッドが押し下げられると、流入バルブが閉じて、ピストンは流出バルブから空気を押し出す。」