

受験職種	研究職
------	-----

得点	※
----	---

地方独立行政法人大阪産業技術研究所
研究職 化学（高分子物性）専門試験

（注 意 事 項）

1. 試験時間中は、すべて試験係員の指示に従ってください。お互いに話をしたり、席を立ったり、そのほか、人の迷惑になるようなことをしてはいけません。また、試験中に携帯電話やスマートフォン等の通信機器やICレコーダー等の電子機器の使用は禁止しますので、電源を切るか、マナーモード等の設定により、試験中に機器音が生じないようにしたうえ、かばん等へ収納してください。（計算機能付きの腕時計も同様とします。）

係員の指示に従わない場合、また、上記の電子機器の扱いに反した場合は不正行為とみなし、失格として退出していただく場合があります。

2. 受験番号及び氏名は必ず記入してください。（※欄は記入しないでください。）

3. 問題は、全部で7問あり、時間は2時間20分です。

4. 試験時間中の体調不良又はトイレ等により、やむを得ず一時退室を希望する場合には、手を挙げて試験係員に知らせ、その指示に従ってください。

ただし、一時退室が認められた場合でも、休養室等での受験はできません。また、一時退室した分の解答開始時刻の繰下げや試験時間の延長も認められません。

5. 試験を終了するとき又は棄権するときは、手を挙げて試験係員に知らせ、必ず試験用紙を試験係員に提出し、確認を受けてください。配付された冊子等は、一切持ち出すことはできません。

「はじめてください」の指示があるまで
中を開けてはいけません

整理番号
※

整理番号
※

得点	※
----	---

受験職種
研究職

受験番号

氏名

問題 1

次の ① ～ ⑩ について、適切な答えを解答欄に記入しなさい。

なお、⑥ および ⑦ については、与えられた選択肢の中から正しいものを選んで解答欄に記入しなさい。

(i) 1、2、3、4、5、6 のすべての目の出る確率が、等しく $1/6$ であるさいころを考える。

このさいころを 10 回ふったとき、その出目は

[2、 5、 1、 6、 3、 4、 4、 1、 3、 1]

であった。このときの、出目の平均、分散および最頻値はそれぞれ (①)、(②)、および (③) である。

(ii) (i) のさいころを無限回ふったとき、出目の平均と分散はそれぞれ (④) および (⑤) である。

(iii) (⑥) によれば、平均 μ 、分散 σ^2 の母集団から N 個の標本を取り出したときの標本平均 \bar{X}_N は、 N が十分に大きければ、母集団の分布によらず平均 μ 、分散 σ^2/N の (⑦) に従う。したがって、(i) のさいころを 10 回ふったときの出目の平均値の分布は、平均 (⑧)、分散 (⑨) の (⑦) となることが期待される。

(iv) 実際の測定では、無限回実行することは不可能である。このため、有限回の測定によって母集団を推定する。このときの測定値の平均は母平均の最尤推定値 (最ももっともらしい値) である。母分散が既知の場合、 N 回の測定値の平均 \bar{X}_N のばらつきを $1/10$ にするためには、測定回数を (⑩) 回にしなければならない。

【⑥の選択肢】

ベイズの定理 中心極限定理 大数の法則 ガウス=マルコフの定理 乗法定理

【⑦の選択肢】

カイ二乗分布 t 分布 二項分布 離散一様分布 正規分布

問題1 解答欄

①	②	③	④
⑤	⑥	⑦	⑧
⑨	⑩		

問題2

次の文章を読んで、以下の問いに答えなさい。

国際単位系 (SI) は、7つのSI基本単位、すなわち m (メートル)、kg (キログラム)、s (秒)、A (アンペア)、K (ケルビン)、mol (モル)、cd (カンデラ) と、それらのべき乗の乗除のみで表されるSI組立単位からなる、一貫性のある単位系である。SI組立単位の中には、V (ボルト)、Hz (ヘルツ)、lm (ルーメン)、°C (セルシウス度) など、固有の名称と記号を持つものがある。

SIにおいて、エネルギーの組立単位は [ア] であり、1 [イ] の力がその力の方向に物体を1メートル動かすときの仕事として定義される。つまり、1 [ア] は 1 [イ]・m と表される。1 [イ] は1キログラムの質量をもつ物体に $1\text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$ の加速度を生じさせる力と定義される。運動の第二法則より、力は物体の質量に加速度を乗じたものになるので、[ア] および [イ] をSI基本単位により書き直すと、それぞれ ① および ② となる。

2019年5月20日より、新しいSIの定義が施行された。この改訂では、新たにプランク定数 h 、電気素量 e 、ボルツマン定数 k 、アボガドロ定数 N_A の4つが定義定数となり、それぞれ、キログラム、アンペア、ケルビン、モルに関連付けられた。以前のキログラムの定義は、「国際キログラム原器の質量に等しい」であったが、今回、人工物であるキログラム原器に頼らないものとなった。真空における光速 c 、光子の振動数 ν 、プランク定数 h とすれば、「静止質量 m の物質はエネルギー E と等価である [式(1)]」および「光のエネルギー E はその振動数に比例する [式(2)]」がそれぞれ成り立つ。すでに真空における光速 c は定義定数となっていたため、今回プランク定数 h を定義定数としたことで、キログラムはメートルと秒に関連付けて再定義されることになった。

温度 T 、圧力 p の下で、物質量 n の理想気体の体積 V は、理想気体の状態方程式

$$pV = nRT \quad (3)$$

で与えられる (気体定数 R)。圧力 p ([ウ]) は単位面積あたりに働く力なので ③、体積の次元は m^3 で表される。したがって、(3) の左辺の次元は ① であり、すなわちエネルギーである。また、気体定数 R とボルツマン定数 k との間には、[式(4)] の関係がある。したがって、今回の改訂では気体定数 R も定義定数となった。このボルツマン定数 k は、水の三重点に代わってケルビンの定義に用いられることになった。

電氣的なエネルギーを考えた場合、仕事率 (単位時間当たりの仕事) は電流と電圧の積で表され、そのSI組立単位は [エ] である。1 [エ]・s = 1 [ア] = $1\text{ V}\cdot\text{A}\cdot\text{s}$ したがって

$$1\text{ V} = 1 [\text{ア}]\cdot\text{s}^{-1}\cdot\text{A}^{-1} = 1 [\text{ア}]\cdot[\text{オ}]^{-1} \quad (5)$$

このことからV (ボルト) をSI基本単位で表すと ④ であり、これはエネルギーを電気量 [オ] で除した次元に等しい。

表 SIの定義で用いられる7つの基礎物理定数 (定義定数)

基礎物理定数	値	定義される単位	記号
真空における光速 c	$2.99792458 \times 10^8 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$	メートル	m
プランク定数 h	$6.62607015 \times 10^{-34} \text{ m}^2\cdot\text{kg}\cdot\text{s}^{-1}$	キログラム	kg
^{133}Cs の超微細遷移振動数 $\Delta\nu_{\text{Cs}}$	$9.192631770 \times 10^9 \text{ Hz}$	秒	s
電気素量 e	$1.602176634 \times 10^{-19} \text{ A}\cdot\text{s}$	アンペア	A
ボルツマン定数 k	$1.380649 \times 10^{-23} \text{ m}^2\cdot\text{kg}\cdot\text{s}^{-2}\cdot\text{K}^{-1}$	ケルビン	K
アボガドロ定数 N_A	$6.02214076 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$	モル	mol
発光効率 K_{cd}	$683 \text{ lm}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{s}^3$	カンデラ	cd

(1) ア ~ オ に適切な固有の名称を持つSI組立単位を、記号で答えなさい。

(2) ① ~ ④ に適切な単位を、SI基本単位のみで書き表しなさい。

(3) 式(1)、式(2)、および 式(4) に適切な関係式を書きなさい。

問題2 解答欄

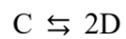
(1)	ア	イ	ウ	エ	オ	
(2)	①		②		③	
(3)	式(1)					
	式(2)					
	式(4)					

問題 3

以下の問いに答えなさい。

(1) 内部を真空にした容器中に、化合物 C を入れ、静置した。

下記のとおり、C はすべて気化した後、一部解離し、気体分子 D との平衡に達した。



気体定数を R とするとき、温度 $T_0 \text{ K}$ における濃度平衡定数 K_c と圧平衡定数 K_p の比 (K_c / K_p) を求めなさい。

C および D は理想気体と考えてよい。また、C および D と容器との相互作用は無視できるものとする。

(2) $C_0 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$ の化合物 E の水溶液 $V_w \text{ cm}^3$ を $V_o \text{ cm}^3$ の有機溶媒と振り混ぜたところ、

水相中の E の濃度は $C_1 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$ になった。このときの分配比 D を求めなさい。

なお、分配比 D は水相中の溶質の濃度に対する有機相中の溶質の濃度の比で与えられる。

また、水相への有機溶媒の溶解、有機相への水の溶解およびそれぞれの体積変化は無視できるものとする。

(3) 元素 X には二種類の安定同位体 (${}^a\text{X}$ および ${}^b\text{X}$) が存在比 1:3 で存在する。

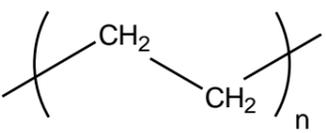
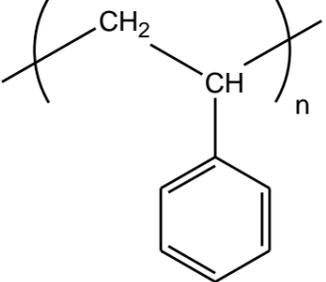
元素 X が二原子分子を作るとき、各分子種のモル比 (${}^a\text{X}{}^a\text{X} : {}^a\text{X}{}^b\text{X} : {}^b\text{X}{}^b\text{X}$) を求めなさい。

問題3 解答欄

(1)	
(2)	
(3)	

問題 4

各種高分子の略称と構造式（繰り返し単位で表現）について、下表を参照し、以下の問いに答えなさい。

番号	略称	構造式（繰り返し単位で表現）	番号	略称	構造式（繰り返し単位で表現）
1	PE		2	PAN	A
3	PA6	B	4	PEG*	C
5	PET	D	6	PMMA	E
7	POM	F	8	PP	G
9	PS		10	PTFE	H
11	PVA	I	12	PVC	J

* : PEOとも呼ばれる

(1) 上表の A ~ J の構造式を示しなさい。

(2) 産業界においては、高分子の呼称（通り名）として、正式な化学物質名より、俗称あるいは製品名が優先される場合も多い。上表から、産業界でポリエステル、ナイロン、ポリアセタールと呼ばれる物質を1つ選び、それぞれの番号（1 ~ 12）を解答欄に記入しなさい。

(3) 前問に記載した高分子の呼称に関する現状から、高分子を取り扱う業界内でも、産業分野によって、ある呼称が指し示す物質が異なる場合がある。プラスチック業界、繊維業界において、一般的に「アクリル」は何を指すか。上表からそれぞれ1つ選んで番号（1 ~ 12）を解答欄に記入しなさい。

問題4 解答欄

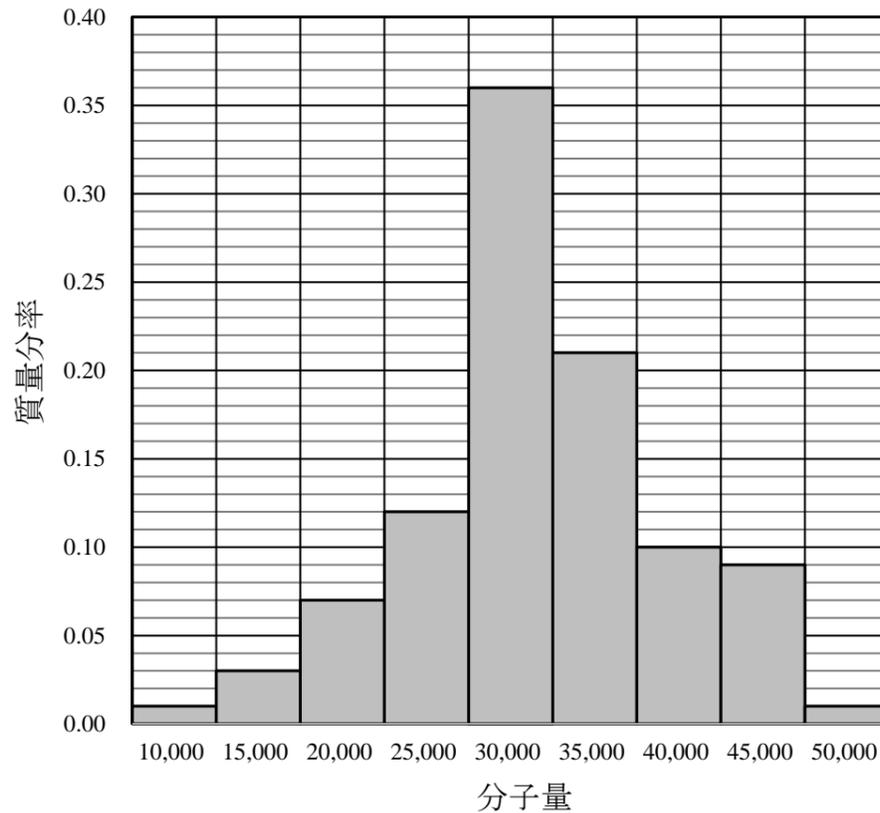
(1)	A		B	
	C		D	
	E		F	
	G		H	
	I		J	
(2)	ポリエステル			
	ナイロン			
	ポリアセタール			
(3)	プラスチック業界			
	繊維業界			

問題 5

GPCを用いて、ある直鎖状ポリスチレン試料（「試料 A」とする）を分子量ごとに分取したところ、この試料には、分子量の異なる9種類の成分（成分 ① ～ ⑨）のみが含まれており、さらに、各成分の分子量と質量分率の関係は下の表およびグラフのとおりであった。

以下の問いに答えなさい。

成分	分子量	質量分率
①	10,000	0.01
②	15,000	0.03
③	20,000	0.07
④	25,000	0.12
⑤	30,000	0.36
⑥	35,000	0.21
⑦	40,000	0.10
⑧	45,000	0.09
⑨	50,000	0.01



- (1) 上の問題文中のGPC（下線部）は、ある「機器」の略称である。正式名称を英語で書きなさい。
- (2) 試料 Aにおける ① ～ ⑨ の各成分のモル分率を、小数第2位（小数第3位を四捨五入）まで求めなさい。
- (3) 前問で求めた小数第2位までのモル分率を用い、試料 Aの数平均分子量 (M_n) および重量平均分子量 (M_w) をそれぞれ整数位（小数第1位を四捨五入）まで求めなさい。
- (4) 別の直鎖状ポリスチレン試料（「試料 B」とする）について、数平均分子量 (M_n) と重量平均分子量 (M_w) を求めると、ともに30,000であった。上に示したグラフに従い、試料 Bにおける分子量と質量分率の関係を図示しなさい。
ただし、試料 Aと同様に、試料 Bを構成する成分の分子量は、10,000、15,000、20,000、25,000、30,000、35,000、40,000、45,000、および50,000の9種類のいずれかであるとする。

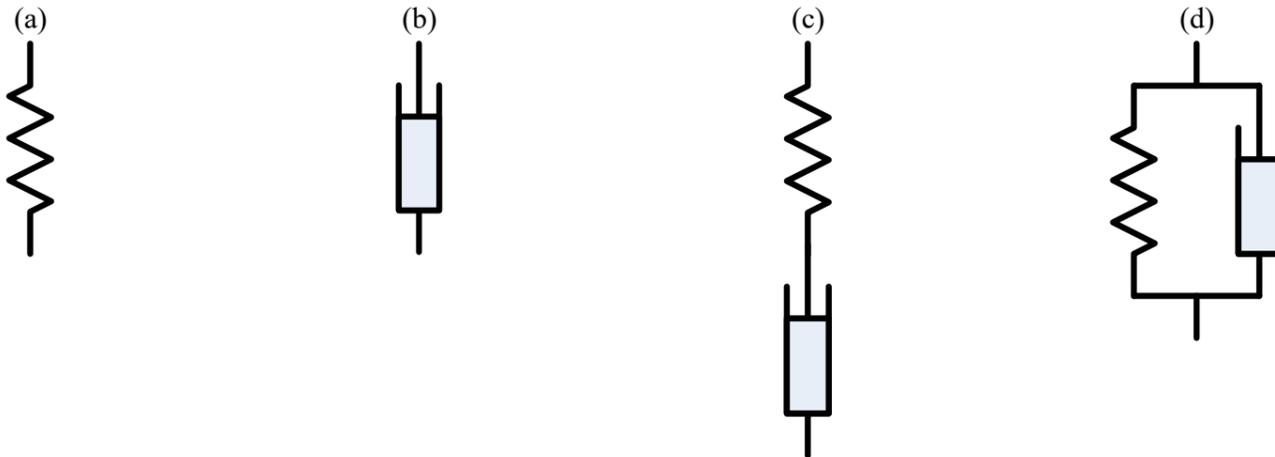
問題5 解答欄

(1)																						
(2)	<table border="1" style="margin: auto; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="padding: 5px;">成分</th> <th style="padding: 5px;">モル分率</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td style="text-align: center;">①</td><td></td></tr> <tr><td style="text-align: center;">②</td><td></td></tr> <tr><td style="text-align: center;">③</td><td></td></tr> <tr><td style="text-align: center;">④</td><td></td></tr> <tr><td style="text-align: center;">⑤</td><td></td></tr> <tr><td style="text-align: center;">⑥</td><td></td></tr> <tr><td style="text-align: center;">⑦</td><td></td></tr> <tr><td style="text-align: center;">⑧</td><td></td></tr> <tr><td style="text-align: center;">⑨</td><td></td></tr> </tbody> </table>		成分	モル分率	①		②		③		④		⑤		⑥		⑦		⑧		⑨	
成分	モル分率																					
①																						
②																						
③																						
④																						
⑤																						
⑥																						
⑦																						
⑧																						
⑨																						
(3)	M_n																					
	M_w																					
(4)																						

問題 6

次の文章を読んで、以下の問いに答えなさい。

高分子物質は典型的な粘弾性体であり、粘弾性体とは、粘性と弾性の双方を併せ持つ物質である。理想的な弾性体は **A** 弾性体と呼ばれ、スプリング（下図(a)）で表わされる。また、理想的な粘性体は **B** 粘性体と呼ばれ、ダッシュポット（下図(b)）で表わされる。よって、粘弾性体は、スプリングとダッシュポットを組み合わせた力学模型でモデル化され、最も単純なモデルとしては、スプリングとダッシュポットを直列させた **C** モデル（下図(c)）や、それらを並列させた **D** モデル（下図(d)）が挙げられる。



A 弾性体におけるひずみを γ_e （無次元量）、応力を σ_e （単位：Pa）、弾性率を G （単位：Pa）とすると、それらの関係は 式① で表される。また、**B** 粘性体におけるひずみを γ_v （無次元量）、応力を σ_v （単位：Pa）、粘度を η （単位：Pa·s）とすると、それらの関係は 式② で表される。ただし、時間を t （単位：s）とし、ある物理量 X （単位：x）の時間微分は、 dX/dt （単位：x·s⁻¹）で表すこととする。

次に、**C** モデルについて考える。**C** モデルにおける系全体のひずみおよび応力を、それぞれ γ （無次元量）、 σ （単位：Pa）とすると、 γ 、 γ_e 、および γ_v の関係は 式③ で表され、 σ 、 σ_e 、および σ_v の関係は $\sigma = \sigma_e = \sigma_v$ で表される。さらに、式③ の両辺を時間微分すると 式④ が得られる。一方で、式① に $\sigma_e = \sigma$ を代入した上で両辺を時間微分すると 式⑤ が、式② に $\sigma_v = \sigma$ を代入すると 式⑥ が、それぞれ得られる。よって、式④ に 式⑤ および 式⑥ を代入すると、式⑦ の微分方程式が導出される。式⑦ は **C** モデルの **E** 方程式と呼ばれる。

ここで、**C** モデルに対し、 $t=0$ s にひずみ (γ_0) を与え、以後一定に保ったとする。このとき、 $t \geq 0$ s において $d\gamma/dt = 0$ であることを考慮して 式⑦ を解くと、式⑧ が得られる。ただし、 $t=0$ s において $\sigma = \sigma_0$ とする。

(1) A ~ D にあてはまる語句を、以下の選択肢からそれぞれ選んで解答欄に記入しなさい。

【選択肢】					
Bingham	de Gennes	Doi-Edwards	Ferry	Hooke	Kawabata
Maxwell	Newton	Onogi	Rouse	Sakurada	Voigt

(2) 式① ~ 式⑦ をそれぞれ示しなさい。

(3) E にあてはまる語句を以下の選択肢から選んで解答欄に記入しなさい。

【選択肢】			
運動	エネルギー	構成	連続

(4) 式⑧ を導出しなさい。ただし、解答欄にはその過程も記入すること。

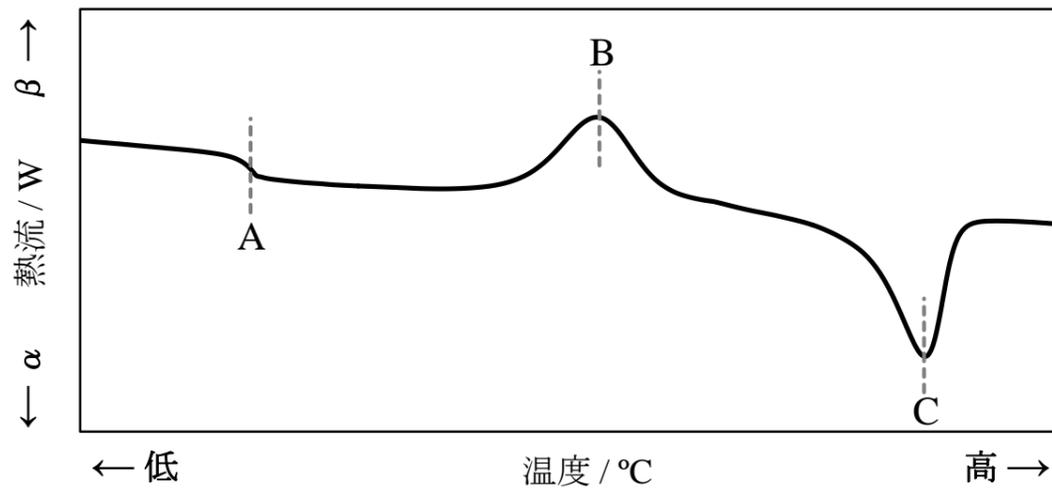
問題6 解答欄

(1)	A	
	B	
	C	
	D	
(2)	式①	
	式②	
	式③	
	式④	
	式⑤	
	式⑥	
	式⑦	
(3)		
(4)	(過程)	
	(答え) $\sigma =$	

問題 7

ある熱可塑性高分子の昇温過程におけるDSC測定を行ったところ、下の図が得られた。

以下の問いに答えなさい。



- (1) 上の問題文中の DSC (下線部) は、ある「手法」の略称である。正式名称を英語で書きなさい。
- (2) 図の縦軸に記載した α および β は、それぞれ【吸熱】あるいは【発熱】のいずれかである。 α はどちらか。正しいものを選んで解答欄に記入しなさい。
- (3) 図中の A ~ C は、この熱可塑性高分子の熱物性に関わる特徴的な温度である。A ~ C において何が起きているか。それぞれの「現象」を指す用語を書きなさい。
- (4) A、B、および C に対応する温度は、それぞれ、79 °C、145 °C、および 251 °C であった。この熱可塑性高分子は次の選択肢のうちどれか。正しいものを選んで解答欄に記入しなさい。

【選択肢】

ポリイソプレン ポリエチレン ポリエチレンテレフタレート ポリカーボネート

問題7 解答欄

(1)		
(2)		
(3)	A	
	B	
	C	
(4)		