表面科学技術者資格認定問題集　技術編

2011.3.11　2012.4.11　2013.5.24　2014.9.20 追加　2015.4.17 修正　2016.4.22 修正

問１　下記の測定法でかならずしも真空を必要としないものはどれか。適切なものだけをすべて含む組合せを下の 1～5 の番号で答えなさい。

(a) 赤外分光法（IR）、(b) X 線光電子分光法（XPS）、(c) 電子エネルギー損失分光法（EELS）、(d) 低速電子回折法（LEED）、(e) イオン散乱分光法（ISS）、(f) 走査トンネル顕微鏡（STM）

1. (a) (b) (c)、　2. (a) (e) (f)、　3. (a) (f)、　4. (c) (e) (f)、　5. (e) (f) (d)

問２　圧力を表す単位は現在 Pa が用いられるが、従来は Torr が使われていた。次のうち適切な記述だけをすべて含む組み合わせを 1～5 の番号で答えなさい。

(a) Pa は SI 単位系の圧力の単位で、その次元は N/m2 である。

(b) 1 Pa は約 133 Torr であり、1 気圧は約 100 kPa である。

(c) 1 Torr は約 133 Pa であり、1 気圧は約 760 Torr である。

(d) 1 Pa は 1 m^2 当り約 0.1 kg 重の力である。

1. (a) (b)、　2. (a) (b) (d)、　3. (a) (c) (d)、　4. (b) (c) (d)、　5. (a) (b) (c)

問３　真空中に残留する気体は理想気体の状態方程式　$p=nkT$ に従う。ここで p は圧力、n は気体分子数密度、k はボルツマン定数 1.38×10^{-23} J/K、T は絶対温度である。27℃で 1.0 Pa のときの気体分子数密度で最も適切なものはどれか。1～5 の番号で答えなさい。

1.　1.4×10^{19} m^{-3}、 2.　7.5×10^{19} m^{-3}、 3.　2.4×10^{20} m^{-3}、 4.　7.5×10^{20} m^{-3}、 5.　2.4×10^{21} m^{-3}

問４　気体分子の平均自由行程の説明で適切な記述の組み合わせはどれか。適切な記述だけをすべて含む組み合わせを 1～5 の番号で答えなさい。

(a) 気体分子が衝突せずに進行する平均距離である。

(b) 平均自由行程は気体分子数密度に逆比例する。

(c) 平均自由行程は気体分子の種類とは関係ない。

(d) 27℃、1 Pa のもとで平均自由行程が 6.5 mm であれば、10^{-3} Pa では 6.5 m である。

1. (a) (b) (c)、　2. (a) (b) (d)、　3. (a) (c) (d)、　4. (b) (c) (d)、　5. (a) (b) (c) (d)

問５　気体の中の分子の平均速度は $v=(8kT/\pi m)^{1/2}$ で表される。ここで k はボルツマン定数 1.38×10^{-23} J/K、T は絶対温度、m は分子の質量である。水素分子の平均速度は、27℃の温度

で 1800 m/s である。窒素分子の平均速度で最も近いものは次のどれか。1～5 の番号で答えなさい。

1. 1280 m/s、 2. 680 m/s、 3. 480 m/s、 4. 340 m/s、 5. 130 m/s

問６　気体の中の分子の平均速度は $v=(8kT/\pi m)^{1/2}$ で表される。ここで k はボルツマン定数 1.38×10^{-23} J/K、T は絶対温度、m は分子の質量である。水素分子の分子量を 2、アボガドロ数を 6.02×10^{23} /mol、 27℃の温度で、水素分子の平均速度として適切なものは次のどれか。最も適切な速度を 1～5 の番号で答えなさい。

1. 1800 m/s、 2. 600 m/s、 3. 480 m/s、 4. 180 m/s、 5. 60 m/s

問７　気体の中の分子の平均速度は $v=(8kT/\pi m)^{1/2}$ で表される。ここで k はボルツマン定数 1.38×10^{-23} J/K、T は絶対温度、m は分子の質量である。窒素分子の分子量を 28、アボガドロ数を 6.02×10^{23} /mol、 27℃の温度で、窒素分子の平均速度で最も近いものは次のどれか。最も適切な速度を 1～5 の番号で答えなさい。

1. 1800 m/s、 2. 600 m/s、 3. 480 m/s、 4. 340 m/s、 5. 50 m/s

問８　真空中で気体が真空容器の壁面の単位面積に単位時間当りに衝突する分子数は $\Gamma=p/(2\pi mkT)^{1/2}$ で表される。ここで k はボルツマン定数 1.38×10^{-23} J/K、T は絶対温度、m は分子の質量である。温度 27℃、圧力 p=1 Pa のもとでは 1cm^2 当り毎秒およそ 3×10^{18} 個の分子が衝突する。壁面の原子数密度を 4×10^{14} 個/cm^2 として、圧力 10^{-3} Pa のもとで単位面積に入射する分子が容器壁面に全て付着する場合（付着確率=1）、壁面の原子数密度と同じになる時間として最も適切なものを 1～5 の番号で答えなさい。

1. 約 13 秒、 2. 約 7 秒、 3. 約 1.3 秒、 4. 約 0.7 秒、 5. 約 0.13 秒

問９　真空中で気体が真空容器の壁面の単位面積に単位時間当りに衝突する分子数は $\Gamma=p/(2\pi mkT)^{1/2}$ で表される。ここで k はボルツマン定数 1.38×10^{-23} J/K、T は絶対温度、m は分子の質量である。温度 27℃、圧力 p=1 Pa で窒素ガスが真空容器に閉じ込められている。その真空容器の壁 1 cm^2 に単位時間当りに入射する分子数は次のどれが適切か。1～5 の番号で答えなさい。ただし窒素分子の分子量を 28、アボガドロ数を 6.02×10^{23} /mol とする。

1. 約 3×10^{14} 個/秒/cm^2、 2. 約 3×10^{16} 個/秒/cm^2、 3. 約 3×10^{18} 個/秒/cm^2、
4. 約 3×10^{20} 個/秒/cm^2、 5. 約 3×10^{22} 個/秒/cm^2

問１０　室温における水素を除く気体分子や、熱蒸発原子の速度で最も適切なものは次のうちどれか。1~5 の番号で答えなさい。

1. 数 m/s、 2. 数百 m/s、 3. 数万 m/s、4. 数十 m/s、5. 数千 m/s

問１１　圧力 1 Pa の真空中の気体分子の平均自由行程に近い長さは、次のうちどれか。1~5 の番号で答えなさい。

1.　13 mm、　2.　13 cm、　3.　1.3 m、　4.　13 m、　5.　1.3 mm

問１２　気体分子が、衝突せずに進む距離について、次のうちもっとも適切なものはどれか。1~5 の番号で答えなさい。（ただし必要なら e を自然対数の底として、1/e=0.37 であることを用いなさい）

1. 平均自由行程より常に短い
2. 平均自由行程より長い場合と短い場合がほぼ半々
3. 平均自由行程より長い場合と短い場合がおよそ 1:2
4. 平均自由行程より長い場合と短い場合がおよそ 2:1
5. 全て平均自由行程より長い

問１３　真空に排気するためのポンプには、以下のものが一般的である。

(a) 油回転ポンプ、
(b) 油拡散ポンプ、
(c) ターボ分子ポンプ、
(d) チタンゲッタポンプ、
(e) ソープションポンプ、
(f) イオンポンプ、
(g) クライオポンプ、
(h) スクロールポンプ

これらのポンプのうち、主に低真空(圧力 10^{-1} Pa より高い圧力)で使用されるものはどれか、適切なものだけをすべて含む組合せを 1～5 番号で答えなさい。

1. (a) (d) (e)、　2. (b) (c) (f)、　3. (a) (e) (h)、　4. (e) (g) (h)、　5. (a) (d) (f)

問１４　真空に排気するためのポンプには、以下のものが一般的である。

(a) 油回転ポンプ、
(b) 油拡散ポンプ、
(c) ターボ分子ポンプ、
(d) チタンゲッタポンプ、
(e) ソープションポンプ、
(f) イオンポンプ、
(g) クライオポンプ、
(h) スクロールポンプ、

これらのポンプのうち、高真空(圧力 10^{-2} Pa より低い圧力)で用いられるポンプをはどれか、適切なものだけをすべて含む組合わせを 1〜5 番号で答えなさい。

1. (a) (b) (c) (d) (e)、2.(b) (c) (d) (e) (f)、3. (c) (d) (e) (f) (h)、4. (a) (c) (d) (f) (g) (h)
5. (b) (c) (d) (f) (g)

問１５　気体輸送型真空ポンプのみを挙げたものは次のどれか。適切な組合せを 1〜5 の番号で答えなさい。

1. 油回転ポンプ、　ターボ分子ポンプ、　油拡散ポンプ、　スクロールポンプ
2. 油回転ポンプ、　ソープションポンプ、油拡散ポンプ、　クライオポンプ
3. 油回転ポンプ、　ターボ分子ポンプ、　クライオポンプ、メカニカルブースターポンプ
4. ターボ分子ポンプ、ソープションポンプ、油拡散ポンプ、イオンポンプ
5. 油回転ポンプ、ソープションポンプ、サブリメーションポンプ、スクロールポンプ

問１６　気体溜込み型真空ポンプのみを挙げたものは次のどれか。適切な組み合せを 1〜5 の番号で答えなさい。

1. クライオポンプ、ターボ分子ポンプ、油拡散ポンプ、スクロールポンプ
2. 油回転ポンプ、ソープションポンプ、サブリメーションポンプ、クライオポンプ
3. イオンポンプ、ターボ分子ポンプ、クライオポンプ、メカニカルブースターポンプ
4. ターボ分子ポンプ、ソープションポンプ、油拡散ポンプ、イオンポンプ
5. クライオポンプ、ソープションポンプ、サブリメーションポンプ、イオンポンプ

問１７　ターボ分子ポンプについて次の記述のうち適切な記述の組み合わせはどれか。適切な記述だけをすべて含む組み合せを 1〜5 の番号で答えなさい。

(a) 多数の回転翼が固定翼の間で高速に回転している。
(b) 回転翼外縁の速度は気体分子の平均速度の２倍以上でなければならない。
(c) 排気速度は気体の分子量に比例する。
(d) オイルフリーの真空を得ることが可能である。
(e) 一般にターボ分子ポンプは水素ガスの排気には適さない。

1. (a) (b) (c)、　2. (a) (d) (e)のみ、　3. (b) (d) (e)のみ、　4. (b) (c) (d) (e)、　5. (a) (c) (d) (e)

問１８　真空容器中の圧力を測定する真空計のうち主に低真空(10^{-2} Pa より高い圧力)で用いるものはどれか、適切なものをすべて含む組み合わせを番号で答えなさい。低真空・高真空どちらにも適したものを含めてよい。

(a) ピラニーゲージ、
(b) ペニングゲージ、

(c) 冷陰極電離真空計、
(d) マクラウド真空計、
(e) ＢＡゲージ

1. (c) (d) (e)、　2. (a) (b) (c) (d)、　3. (a) (b) (d)、　4. (a) (c) (e)、　5. (a) (b) (e)

問１９　真空容器中の圧力を測定する真空計のうち主に高真空(10^{-2} Pa より低い圧力)で使用するのに適した真空計はどれか、適切なものをすべて含む組み合わせを番号で答えなさい。低真空・高真空どちらにも適したものを含めてよい。

(a) ピラニーゲージ、
(b) ペニングゲージ、
(c) 三極管型熱陰極電離真空計、
(d) マクラウド真空計、
(e) ＢＡゲージ

1. (a) (b) (c)、　2. (b) (c) (d)、　3. (c) (e)、　4. (a) (b) (d)、　5. (a) (b) (e)

問２０　次に挙げる真空計の組み合わせのうち、測定可能圧力が低い順に並んでいるのはどれか。1～5 の番号で答えなさい。

1. B-A ゲージ＜三極管型電離真空計＜ペニングゲージ＜ピラニゲージ＜U 字管マノメータ
2. 三極管型電離真空計＜B-A ゲージ＜ペニングゲージ＜U 字管マノメータ＜ピラニゲージ
3. B-A ゲージ＜ペニングゲージ＜三極管型電離真空計＜ピラニゲージ＜U 字管マノメータ
4. B-A ゲージ＜ペニングゲージ＜三極管型電離真空計＜U 字管マノメータ＜ピラニゲージ
5. B-A ゲージ＜ピラニゲージ＜三極管型電離真空計＜ペニングゲージ＜U 字管マノメータ

問２１　次に挙げる真空計のうち、絶対圧を測定可能な測定器の組み合わせはどれか。最も適切な組み合わせを 1～5 の番号で答えなさい。

(a) 三極管型熱陰極電離真空計、　(b) ペニングゲージ、　(c) ピラニーゲージ、
(d) マクラウド真空計、　(e) U 字管マノメータ

1. (a) (b) (c)、　2. (b) (c) (d)、　3. (a) (d)、　4. (b) (e)、　5. (d) (e)

問２２　Knudsen cell のような微小な面蒸発源の面法線方向を極軸にとり、極角 θ だけ傾いた方向で、距離 r に設置した基板上での成膜速度を v nm/s とする。
θ を固定した場合、成膜速度 v と r の関係は次のうちどれか。1~5 の番号で答えなさい。

1. r に比例する。
2. $1/r$ に比例する。

3. $1/r^2$ に比例する。
4. r には依存しない。
5. r^2 に比例する。

問２３　Knudsen cell のような微小な面蒸発源の面法線方向を極軸にとり、極角 θ だけ傾いた方向で、距離 r に設置した基板上での成膜速度を v nm/s とする。
r を固定した場合、v と θ の関係は次のうちどれか。1~5 の番号で答えなさい。

1. $\cos\theta$ に比例する。
2. $\sin\theta$ に比例する。
3. $\tan\theta$ に比例する。
4. $\sin\theta$ に反比例する。
5. $\cos\theta$ に反比例する。

問２４　Knudsen cell のような微小な面蒸発源の面法線方向を極軸にとり、極角 θ だけ傾いた方向で、距離 r に設置した基板上での成膜速度を v nm/s とする。このとき微小な面蒸発源から蒸発分子の総量が最も多く飛び出す極角は次のうちどれか。1~5 の番号で答えなさい。

1. θ＝０°
2. θ＝３０°
3. θ＝４５°
4. θ＝６０°
5. θ＝９０°

問２５　次の文章中の（ a ）～（ e ）に入れるのに最も適切な語句の組を以下の 1～5 から選びなさい。

薄膜が下地の結晶に対して一定の方位関係を持ちながら成長する場合、（　a　）薄膜という。異種元素からなる（　a　）薄膜が接する界面を、（　b　）界面と呼ぶ。また、（　a　）薄膜を多数積層し、組成と結晶周期を人為的に制御して作製した結晶を（　c　）格子と呼ぶ。このような（　a　）薄膜の、成長過程におけるその場結晶構造モニターの手法として、（　d　）が、また、膜厚のモニターとしては（　e　）が最も一般的に用いられる。

1. (a) エピタキシャル、(b) ナノ、　(c) 結晶、　(d) MEED、　(e) 剛体振り子
2. (a) エピタキシャル、(b) ヘテロ、(c) 自然、　(d) LEED、　(e) 水晶振動子
3. (a) エピタキシャル、(b) ヘテロ、(c) 人工、　(d) RHEED、　(e) 水晶振動子
4. (a) アモルファス、　(b) ホモ、　(c) 人工、　(d) RHEED、　(e) タイマー
5. (a) アモルファス、　(b) ナノ、　(c) 人工、　(d) TEM、　(e) XPS

問２６　電気めっき法と真空蒸着法に関する以下の記述のうち、適切な記述を１つ選びなさい。

1. 電気めっき法は水中で行うため真空装置を必要とせず、大面積化が可能である。
2. 電気めっき法では簡便な方法であるが膜厚の制御ができない。
3. 真空蒸着法では膜厚を制御するためには超高真空装置を必要とする。
4. 真空蒸着法では大面積化が不可能である。
5. 真空蒸着法では膜厚の制御はできない。

問２７　ニッケルイオン（Ni^{2+}）の濃度が 0.50 mol/*l* の溶液中から、表裏の表面積の合計 6.0 cm^2（厚さは無視）のステンレス基板上に Ni を 2.5 nm の厚さで電解めっきしたい。以下の中から正しい操作を１つ選びなさい。ただし、アボガドロ数を 6.0×10^{23} /mol、ファラデー定数を 10^5 C / mol とし、Ni 原子１個の占有面積を 0.25 nm^2、Ni 1 原子層の厚さを 0.25 nm とする。

1. 0.4 A の電流を 20 秒間流す。
2. 0.4 V の電圧を 20 秒間かける。
3. 0.4 mA の電流を 20 秒間流す。
4. 0.4 mV の電圧を 20 秒間かける。
5. 0.4 A の電流を 10 秒間流す。

問２８　X 線の波長（λ nm）とエネルギー（E eV）の関係を表す式は下記のどれか。1～5 の番号で答えなさい。ただしプランク定数 $h=6.6\times10^{-34}$ J・s、光速度 $c=3.0\times10^{8}$ m、素電荷 $q=1.6\times10^{-19}$ C とする。

1. $\lambda=1.24\times10^{3}/E$、　2. $\lambda=1.24/E$、　3. $\lambda=1.24/E^{1/2}$、　4. $\lambda=1.24\times10^{-2}/E^{1/2}$、
5. $\lambda=1.24\times10^{-2}/E$

問２９　エネルギー分散型 X 線分光法（EDS）について適切な記述の組み合わせはどれか 1～5 の番号で答えなさい。

(a) X線の蛍光励起の補正を必要とする。
(b) 同時に多数の元素の分析が可能である。
(c) Si単結晶に微量のLiをドープした半導体検出器では、その冷却が必要である。
(d) 波長分散型 X 線分光法(WDX)に比べてエネルギー分解能が高い。

1. (a) (b)、　2. (b) (c)、　3. (c) (d)、　4. (a) (d)、　5. (a) (c)

問３０　ド・ブロイによれば電子の運動量と波長（λ）の間には $\lambda=h/p$（ここに h はプランク定数、p は運動量）の関係がある。電子のド・ブロイ波長（λ nm）と電子のエネルギー(E eV)の関

係を表す式はどれか。1～5 の番号で答えなさい。ただし、相対論的な補正を考えないとする。（プランク定数 h=6.6×10^{-34} J・s、素電荷 q=1.6×10^{-19} C、電子質量 m=9.1×10^{-31} kg）

1. λ=1.2×10^{3}/E、 2. λ=1.2/E、 3. λ=1.2/$E^{1/2}$、 4. λ=1.2×10^{-2}/$E^{1/2}$、 5. λ=1.2×10^{-2}/E

問３１　電子の検出に用いられる代表的な検出器だけをすべて含む組合せはどれか。1～5 の番号で答えなさい。

(a) シンチレータ＋光電子増倍管、 (b) 光電子増倍管、(c) チャンネルトロン、
(d) 半導体検出器

1. (a) (c)、 2. (b) (c) (d)、 3. (c) (d)、 4. (a) (c) (d)、 5. (b), (d)のみ

問３２　電子顕微鏡の電子源として主にタングステン(W)ヘヤピン型、LaB_6 単結晶型、ショットキー型、冷陰極電界放出型電子源が用いられている。次の記述のうち適切なものだけをすべて含む組合せはどれか。1～5 の番号で答えなさい。

(a) 輝度：小→大
W ヘヤピン型＜LaB_6 単結晶型＜ショットキー型＜冷陰極電界放出型
(b) ビーム径：大→小
W ヘヤピン型＜LaB_6 単結晶型＜ショットキー型＜冷陰極電界放出型
(c) 電子のエネルギー幅：小→大
W ヘヤピン型＜LaB_6 単結晶型＜ショットキー型＜冷陰極電界放出型
(d) ビーム径：小→大
W ヘヤピン型＜LaB_6 単結晶型＜ショットキー型＜冷陰極電界放出型
(e) ビーム電流の安定性：不良→良
W ヘヤピン型＜LaB_6 単結晶型＜ショットキー型＜冷陰極電界放出型

1. (a) (b)のみ、 2. (b) (c) (e)のみ、 3. (a) (c) (d)、 4. (a) (b) (c) (e)、 5. (c) (d) (e)

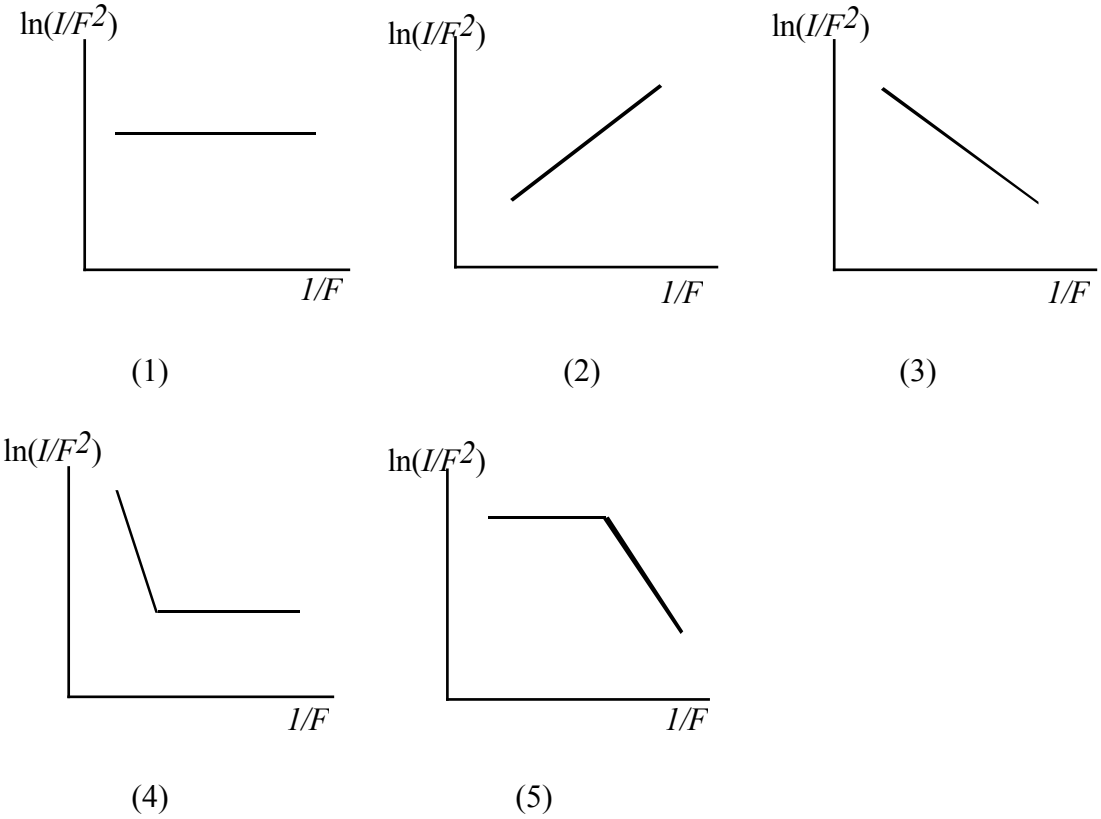
問３３　磁気レンズの収差について正しい記述だけをすべて含む組合せはどれか。1～5 の番号で答えなさい。

(a) 球面収差はレンズの中心軸から離れた部分を通過する電子ビームに対する焦点距離が中心軸付近を通過する電子ビームに対する焦点距離に比べて短くなるために生じる。
(b) 磁場を用いた電子レンズは凹レンズの働きをするものだけなので球面収差を補正することはできない。
(c) 色収差は電子線のエネルギ-分布幅、加速電圧の変動、および試料を通過する電子がエネルギーを失うことなどが原因である。

(d) 非点収差はレンズの均一性や非対称性、汚れ、試料の磁性などによりレンズの磁場の軸対称性が崩れて、入射電子が一点で焦点を結ばなくなることによる。

1. (a) (b) (c)、　2. (a) (b) (d)、　3. (a) (c) (d)、　4. (b) (c) (d)、　5. (a) (d)のみ

問３４　金属表面に印加した電界強度 F [V/nm]とそれによって放出された電流値 I [A]の関係を、縦軸 $\ln[I/F^2]$、横軸 $1/F$ としたグラフは Fowler-Nordheim プロット（F-N プロット）と呼ばれ、電界電子放射の電流-電界特性として知られている。Fowler-Nordheim プロットの概形として適切な図はどれか。1～5 の番号で答えなさい。



問３５　次の文章中の（ a ）～（ d ）に入れるのに最も適切な語句の組み合わせを以下の 1～5 から選びなさい。

X 線光電子分光法（XPS）の分光器は，（　a　）が一般的に用いられており，インプットレンズで分光器に入る電子のエネルギーを（　b　）するため，運動エネルギーが（　c　）、そのエネルギー分解能は（　d　）。

1. (a) 阻止電場型、(b) 加速、　(c) 大きくなると、(d) 高分解能化する
2. (a) 静電半球型、(b) 加速、　(c) 変わっても、　(d) 変化しない
3. (a) 円筒鏡型、　(b) 加速、　(c) 小さくなると、(d) 劣化する
4. (a) 円筒鏡型、　(b) 一定に、(c) 変わると、　(d) 大きく変化する

5. (a) 静電半球型、(b) 一定に、(c) 変わっても、　(d) 変化しない

問３６　透過電子顕微鏡の対物レンズの収差について適切な記述の組み合わせはどれか1～5の番号で答えなさい。

(a) 加速電圧の変動は球面収差の原因となる。
(b) 球面収差は対物絞りの孔径を大きくするほど大きくなる。
(c) 絞りの汚れは対物レンズの収差の原因にはならない。
(d) 球面収差は電子顕微鏡の分解能に大きな影響を与える。

1．(a)と(b)、　2．(b)と(c)、　3．(c)と(d)、　4．(a)と(d)、　5．(a)と(c)

問３７　次の文章中の（ a ）～（ f ）に入れるのに最も適切な語句の組み合わせを以下の 1～5 から選びなさい。

結晶性試料に電子が入射すると、（　a　）現象によって特定の方向に強く曲げられる電子がある。この電子が対物絞りでカットされて生じるのは（　b　）コントラストである。（　c　）薄膜を 1 万倍程度で撮影した像においては、このコントラストが支配的である。試料をまっすぐに通過した電子波と試料で曲げられた電子波が対物絞りを通過した後に（　d　）する結果生じるのが（　e　）コントラストである。（　f　）像のコントラストはこの典型的な例である。

1.	(a) 回折、	(b) 散乱、	(c) アモルファス、	(d) 散乱、	(e) 透過、	(f) 暗視野
2.	(a) 干渉、	(b) 位相、	(c) 金属、	(d) 回折、	(e) 回折、	(f) 明視野
3.	(a) 透過、	(b) 透過、	(c) 絶縁体、	(d) 干渉、	(e) 回折、	(f) 結晶格子
4.	(a) 回折、	(b) 回折、	(c) 金属、	(d) 干渉、	(e) 位相、	(f) 結晶格子
5.	(a) 散乱、	(b) 位相、	(c) 金属、	(d) 回折、	(e) 散乱、	(f) 結晶格子

問３８　金属試料を透過電子顕微鏡観察するときに電子照射損傷を少なくするために有効な方法に関する適切な記述の組み合わせはどれか 1～5 の番号で答えなさい。

(a) 加速電圧を低くする。
(b) 電子線を収束して像を明るくする。
(c) 試料の厚さをできるだけ薄くする。
(d) 小さな孔径の集束絞りを用いる。

1. (a) (b)、　2. (b) (c)、　3. (c) (d)、　4. (a) (d)、　5. (a) (c)

問３９　結晶材料の透過電子回折について適切な記述の組み合わせはどれか 1～5 の番号で答えなさい。

(a) 回折図形は対物レンズの後焦点面に形成される。
(b) 回折スポットの位置は加速電圧を変えても変化しない。
(c) 結晶格子面間隔が大きいほど回折スポットの間隔は小さくなる。
(d) 回折現象は試料による電子の吸収によって生じる。

1．(a) (b)、　2．(b) (c)、　3．(c) (d)、　4．(a) (d)、　5．(a) (c)

問４０　中エネルギーイオン散乱に関して、適切な記述だけをすべて含む組合せは次のうちどれか、以下の 1～5 の番号で答えなさい。

(a) 表面障壁型の半導体検出器が使われる。
(b) 静電型もしくは磁場型のアナライザが使われる。
(c) 入射イオンには Ne や Ar イオンが使われる。
(d) 高エネルギーイオン散乱よりも、表面に敏感である。
(e) 同一照射量では、高エネルギーイオン散乱よりも試料の照射損傷が大きい。

1. (a) (b) (c)、　2. (b) (c) (d)、　3. (b) (d) (e)、　4. (a) (c) (d)、　5. (c) (d) (e)

問４１　低エネルギーイオン散乱に関して、適切な記述だけをすべて含む組合せは次のうちどれか。以下の 1～5 の番号で答えなさい。

(a) 表面障壁型の半導体検出器が使われる。
(b) 静電型または飛行時間型のアナライザが使われる。
(c) 入射イオンには He や Ne イオンなどが使われる。
(d) 高エネルギーイオン散乱よりも定量精度が高い。
(e) 表面原子配列に敏感である。

1. (a) (b) (c)、　2. (b) (c) (d)、　3. (b) (c) (e)、　4. (a) (c) (d)、　5. (c) (d) (e)

問４２　次の文章中の（ a ）～（ e ）に入る語句の最も適切な組み合わせを以下の 1～5 から選びなさい。

原子間力顕微鏡(AFM)のカンチレバーは、（　a　）から微細加工技術で作られる。そのため、カンチレバー先端の突起の材料は、通常、（　b　）から出来ている。しかし、（　c　）で作製された探針もある。また、（　d　）探針のような（　e　）測定などの様々な用途に合わせた特殊な材料をコートした探針もある。

1. (a) ガラス、　(b) ガラス、　(c) ダイヤモンド、　(d) PtIr、　(e) 導電性
2. (a) シリコンウェハー、(b) シリコン、(c) ガラス、　(d) 水晶、　(e) 熱伝導

3. (a) 水晶、 (b) 水晶、 (c) 窒化ガリウム、 (d) 磁性薄膜、(e) 磁気力
4. (a) シリコンウェハー、(b) シリコン、(c) シリコンナイトライド、(d) 水晶、 (e) 熱伝導
5. (a) シリコンウェハー、(b) シリコン、(c) シリコンナイトライド、(d) 磁性薄膜、(e)磁気力

問４３　次の文章中の（ a ）～（ e ）に入れるのに最も適切な語句の組み合わせを以下の 1～5 から選びなさい。

深い溝のような構造を原子間力顕微鏡（AFM）で測定する場合は、アスペクト比の（ a ）探針を持つ特殊なカンチレバーや探針先端に（ b ）を付けたカンチレバーなどが使われる。また、（ c ）引力領域で原子分解能を得る場合は、（ d ）力を減らすように先端曲率半径が（ e ）以下の鋭く尖らす処理を行った探針を使用する。

1. (a) 高い、(b) カーボンナノチューブ、(c) 微弱な、 (d) 長距離、 (e) 数 nm
2. (a) 低い、(b) 金薄膜、 (c) 強い、 (d) 短距離、 (e) 数十 nm
3. (a) 低い、(b) 金薄膜、 (c) 強い、 (d) 長距離、 (e) 数 nm
4. (a) 高い、(b) カーボンナノチューブ、(c) 微弱な、 (d) 短距離、 (e) 数十 nm
5. (a) 低い、(b) カーボンナノチューブ、(c) 微弱な、 (d) 短距離、 (e) 数 nm

問４４　次の文章中の（ a ）～（ e ）に入れるのに最も適切な語句の組み合わせを以下の 1～5 から選びなさい。

走査トンネル顕微鏡（STM）では（ a ）探針先端から（ b ）試料表面に流れるトンネル電流を測定している。トンネル電流は、片側の電極のフェルミ面近傍の電子が他方の電極のフェルミ面近傍の（ c ）準位に電子がトンネルすることにより電流が流れる。そのため、トンネル電流は片側の電極のフェルミ面近傍の電子の数に（ d ）し、その数はフェルミ面近傍の電子の状態密度と電子のフェルミ分布関数の（ e ）で決まる。

1. (a) 導電性、 (b) 導電性、 (c) 空いている、 (d) 比例、 (e) 積
2. (a) 絶縁性、 (b) 導電性、 (c) 詰まっている、(d) 依存、 (e) 差
3. (a) 絶縁性、 (b) 絶縁体、 (c) 詰まっている、(d) 関係、 (e) 差
4. (a) 導電性、 (b) 導電性、 (c) 詰まっている、(d) 比例、 (e) 積
5. (a) 絶縁性、 (b) 導電性、 (c) 空いている、 (d) 比例、 (e) 積

問４５　原子間力顕微鏡（AFM）とケルビンプローブフォース顕微鏡（KFM）について、次の記述のうち適切なものだけをすべて含む組合せはどれか。1～5 より選びなさい。

(a) AFM は、プローブ先端と試料表面の原子間に働く力を測定するものであり、測定原理上プローブや試料の導電性を必要としない。
(b) KFM は、プローブと試料表面の仕事関数差（静電気力）を測定するものである。
(c) AFM も KFM も、プローブ先端の曲率半径が大きいほど高い面内分解能が期待できる。
(d) AFM も KFM も測定環境の湿度（試料表面に吸着する水分）に影響されにくい。

(e) AFM は、雰囲気を制御しながら導電性プローブを用いて電圧を印加することによって局所的な試料表面の加工（酸化・エッチングなど）が可能となる。

1. (a) (b) (c)、　2. (a) (c) (d)、　3. (a) (b) (e)、　4. (b) (c) (d)、　5. (b) (c) (e)

問４６　次の文章中の（ a ）～（ e ）に入れるのに最も適切な語句の組み合わせを以下の 1～5 から選びなさい。

一般に低速電子線は表面敏感なので、表面の振動分光として（　a　）がよく用いられるが、赤外吸収やラマン散乱を用いても配置の工夫をすれば表面敏感な測定が可能となる。例えば、金属ナノ微粒子や薄膜の（　b　）共鳴や、（　c　）検出器などの高感度イメージ検出器を利用することによって、最表面や、単分子レベルのラマン散乱の検出が可能となることが知られている。通常の配置における測定では（　b　）共鳴が光学的に励起できないことから、誘電体の（　d　）を用いた手法や、金属表面の（　e　）を使うことによって（　b　）を励起することが行われる。

1. (a) HREELS、(b) プラズモン、(c) CCD、(d) 全反射、(e) 荒れ
2. (a) XPS、(b) バンド、(c) APD、(d) ブリュスター角、(e) 平坦性
3. (a) UPS、(b) エキシトン、(c) APD、(d) 全反射、(e) 荒れ
4. (a) HREELS、(b) エキシトン、(c) CCD、(d) ブリュスター角、(e) 平坦性
5. (a) HREELS、(b) プラズモン、(c) CCD、(d) 屈折、(e) 荒れ

問４７　次の文章中の（ a ）～（ e ）に入れるのに最も適切な語句の組み合わせを以下の 1～5 から選びなさい。

表面における赤外領域の吸収を高感度に測定するためには、感度よく測定できる配置を選ぶ必要がある。金属表面の（　a　）を用いる高感度反射法では、金属の屈折率と表面膜の屈折率を考慮して高感度な角度を選択する。この時反射率は偏光方向によって大きく変化し、表面の法線ベクトルと入射ベクトルのなす平面に対して偏光方向が（　b　）な（　c　）偏光で励起すると感度が良く、それに垂直な偏光では表面はほとんど観測されない。この差を利用して両偏光の反射率の差から表面の寄与を見積もることができる。一方で、全反射分光法では誘電体と真空境界の全反射を利用している。（　d　）の多重反射を利用して強度を稼ぐこともでき、赤外領域で透明な（　e　）などが良く用いられる。

1. (a) 外部反射、(b) 平行、(c) p、(d) プリズム、(e) Si
2. (a) 内部反射、(b) 平行、(c) s、(d) プリズム、(e) グラファイト
3. (a) 内部反射、(b) 垂直、(c) p、(d) プリズム、(e) SiO_2
4. (a) 外部反射、(b) 垂直、(c) s、(d) ミラー対、(e) Si
5. (a) 弾性散乱、(b) 平行、(c) p、(d) ミラー対、(e) Ag

問４８　次の文章中の（ a ）～（ e ）に入れるのに最も適切な語句の組み合わせを以下の 1

～5 から選びなさい。

マイケルソン干渉計を用いて、全光の強度の干渉を測定し、二つの光路の光路差をスキャンすることで（　a　）を得、それを（　b　）することによりスペクトルを得る手法は市販の赤外分光計で良く用いられる。この手法はスキャンする（　c　）取れば高分解能でスペクトルを検出することができ、また、高次の回折効果を考える必要がないので、（　d　）スペクトルの測定を行う際に有利である。また、同様の手法を（　e　）に応用することも可能である。

	(a)	(b)	(c)	(d)	(e)
1.	インターフェログラム、	フーリエ変換、	距離を長く、	広帯域、	ラマン散乱
2.	電場波形、	フーリエ変換、	間隔を細かく、	低周波数、	光電子分光
3.	インターフェログラム、	ラプラス変換、	間隔を細かく、	広帯域、	ラマン散乱
4.	電場波形、	ルジャンドル変換、	距離を長く、	低周波数、	光電子分光
5.	インターフェログラム、	フーリエ変換、	間隔を細かく、	広帯域、	ラマン散乱

問４９　次の文章中の（ a ）～（ e ）に入れるのに最も適切な語句の組み合わせを以下の 1～5 から選びなさい。

ラマン散乱はフォノンによるレーザー光の散乱を測定するものであり、レーザーと同じ周波数を持った（　a　）散乱光からフォノンの周波数分だけずれた波長の光を検出する。励起レーザーは（　b　）や（　c　）、分光器などを用いてカットされ、周波数シフトした光だけが検出される。元のレーザーよりも（　d　）周波数の散乱光をアンチストークス光、（　e　）周波数の散乱光をストークス光という。また、アンチストークス光とストークス光の強度比から系の温度を見積もることができる。

1. (a) レイリー、(b) スーパーノッチフィルター、(c) エッジフィルター、(d) 高い、(e) 低い
2. (a) レイリー、(b) スーパーノッチフィルター、(c) バンドパスフィルター、(d) 高い、(e) 低い
3. (a) レイリー、(b) バンドパスフィルター、(c) 偏光フィルター、(d) 低い、(e) 高い
4. (a) ブリルアン、(b) バンドパスフィルター、(c) エッジフィルター、(d) 低い、(e) 高い
5. (a) ブリルアン、(b) コールドフィルター、(c) 偏光フィルター、(d) 高い、(e) 低い

問５０　下記の技術のうち真空・減圧を利用しない技術はどれか。適切な語句だけをすべて含む組合せを 1～5 より選びなさい。

(a) 真空包装、　(b) 吸盤、　(c) 真空蒸発、　(d) 真空蒸留、
(e) 凍結乾燥（フリーズドライ）、　(f) 魔法瓶、　(g) 真空パック、
(h) ブラウン管、　(i) 真空蒸着、　(j) 真空成膜、　(k) 蛍光灯

1. なし、　2. (b)のみ、　3. (b) (c)のみ、　4. (b) (c) (f) のみ、　5. (b) (c) (f) (g)

問５１　真空の領域とその応用分野に関して、適切な記述だけをすべて含む組合せを１～5 の番号で答えなさい。

(a) 低真空（大気圧～100 Pa）　－　圧力差利用（真空包装・掃除機）
(b) 中真空（100 Pa～0.1 Pa）　－　電子源、イオン源
(c) 高真空（0.1 Pa～10^{-5} Pa）　－　真空蒸着
(d) 超高真空（10^{-5} Pa～10^{-9} Pa）－　光電子分光
(e) 極高真空（10^{-9} Pa 以下）　－　スペースチャンバー（地上の宇宙実験施設）

1. (a) (b) (c) (d) (e)、 2. (a) (c) (d) (e)、 3. (a) (b) (d) (e)、 4. (a) (d) (e)、5. (a) (c) (d)

問５２　大気圧から減圧してゆく過程で現れる現象に関して、適切な記述だけをすべて含む組合せを１～5 の番号で答えなさい。

(a) 水の沸点が低下する
(b) 空気圧が減少する
(c) 真空容器内外に圧力差が生じる
(d) 音が聞こえなくなる
(e) 断熱効果がある
(f) 真空紫外線が透過できる
(g) 高電圧でも常に電気を絶縁できる

1. (a) (b) (c) (d) (e) (f) (g)、 2. (a) (c) (d) (e) (f) (g)、 3. (a) (b) (c) (d) (f) (g)、
4. (a) (b) (c) (d) (e) (f)、 5. (a) (b) (c) (d) (g)

問５３　平衡状態にある真空容器内の気体分子の状態を述べている次の文章のうち適切なものだけをすべて含む組合せを１～5 の番号で答えなさい。

(a) 分子同士あるいは分子と真空容器壁面の衝突を無数に繰り返している。
(b) 気体は分子の集まりで 0□、1 気圧の気体 1 モルは、いかなる種類のものでも 22.4*l* の体を占め、アボガドロ数 6.02×10^{23} 個の分子から成り立っている。
(c) 真空容器内の気体分子は速度分布を持って運動している。
(d) 真空容器内のすべての気体分子の速さは等しい。

1. (a) (b) (c) (d)、2. (b) (c) (d)、3. (a) (c) (d)、4. (a) (b) (d)、5. (a) (b) (c)

問５４　気体の圧力とは、どういうことか。次の文章のうち適切なものだけをすべて含む組合せを１～5 の番号で答えなさい。

(a) 圧力は、気体分子から器壁が受ける単位面積あたりの力の垂直成分の時間平均。

(b) 大気の押す力の大きさは、1 m^2 当たり 10 ton 重もある。

(c) 圧力は、壁面に入射して跳ね返る気体分子が単位時間に壁面に与える単位面積あたりの力積。

(d) 圧力は、壁に衝突する気体分子の数に比例する。

(e) 圧力は、国際単位として、Pa、N/m^2、Torr のすべてが採用されている。

1. (a) (b) (c) (d) (e)、2. (a) (c) (d) (e)、3. (a) (b) (d) (e)、4. (a) (b) (c) (e)、5. (a) (b) (c) (d)

問５５　超高真空を達成し、維持するのにベーキングは不可欠である。ベーキングの目的として適切な記述だけをすべて含む組合せを１～5 の番号で答えなさい。

(a) 質の良い真空環境の実現

(b) 到達圧力の達成

(c) 漏れ探し

(d) 蒸着に十分な平均自由行程の確保

1. (a) (b) (c) (d)、　2. (a) (c) (d)、　3. (a) (b) (d)、　4. (a) (b) (c)、　5. (a) (b)

問５６　表面分析装置の排気系のうち適切な記述はどれか。適切なものをすべて含む組合せを１～5 の番号で答えなさい。

(a) 補助ポンプとして RP（ﾛｰﾀﾘｰﾎﾟﾝﾌﾟ）と TMP（ﾀｰﾎﾞ分子ポンプ）を組み合わせ、主排気用ポンプ系としてイオンポンプと Ti ゲッタポンプとを組み合わせる。

(b) 補助ポンプとしてと RP（ﾛｰﾀﾘｰﾎﾟﾝﾌﾟ）を用い、主排気用ポンプ系として油拡散ポンプや、クライオポンプを使用する。

(c) 補助ポンプとして RP（ﾛｰﾀﾘｰﾎﾟﾝﾌﾟ）を用い、主排気用ポンプ系として TMP（ﾀｰﾎﾞ分子ポンプ）を組み合わせて用いる。

(d) 補助ポンプとして RP（ﾛｰﾀﾘｰﾎﾟﾝﾌﾟ）と TMP（ﾀｰﾎﾞ分子ポンプ）を組み合わせ、主排気用ポンプ系としてメカニカルブースタポンプを２段直列に組み合わせて用いる。

1. (a) (b) (c) (d)、　2. (a) (c) (d)、　3. (a) (b) (d)、　4. (a) (b) (c)、　5. (a) (b)

問５７　以下の SEM に関する文章のなかで（ a ）～（ e ）にあてはまる語句の適切な組合せは次のどれか、1～5 の番号で答えなさい。

走査電子顕微鏡（SEM）の電子源は主に電界放出型、（　a　）型の２種類に分類される。この中で輝度が高い電子源は（　b　）型である。（　b　）型電子源はサーマルタイプと（　c　）タイプに分類され､近年のサーマルタイプではタングステンティップに酸化ジルコニウムを被覆させた（　d　）タイプが主流となっている。

1. (a) 熱電子放出、 (b) 電界放出、 (c) コールド、 (d) LaB_6
2. (a) 熱電子放出、 (b) 電界放出、 (c) ショットキー、(d) コールド
3. (a) 熱電子放出、 (b) 電界放出、 (c) コールド、 (d) ショットキー
4. (a) ショットキー、(b) 熱電子放出、(c) コールド、 (d) LaB_6
5. (a) ショットキー、(b) 電界放出、 (c) コールド、 (d) 熱電子放出

問５８　エネルギー分散型 X 線分光器（EDS）に関する次の記述のうち適切なものだけをすべて含む組合せはどれか。1～5 の番号で答えなさい。

(a) EDS は主に半導体検出器を利用したものである。
(b) 波長分散型 X 線分光器（WDS）に比較してエネルギー分解能が高い。
(c) シリコンリチウム型検出器は冷却不要である。
(d) シリコンドリフト検出器（SDD）はシリコンリチウム検出器に比べて高計数率が特長である。
(e) EDS は WDS に比較して多数の元素が同時分析できる点が特長である。

1. (a) (b) (c)、 2. (a) (c) (d)、 3. (a) (d) (e)、 4.(a) (b) (d)、 5. (a) (c) (e)

問５９　次の文章中の（ a ）～（ e ）中に入れるのに最も適切な語句の組み合わせを以下の 1～5 から選びなさい。

走査トンネル顕微鏡（STM）は、先端の鋭い探針と試料の間に流れるトンネル電流が、探針・試料間の距離 r を変えたとき r に対して（ a ）で変化することを利用して、原子レベルの高い空間分解能を得ている。探針・試料間にかけるバイアス電圧を変化させて、電流−電圧曲線（I-V 曲線）を測定することで、試料の局所的な（ b ）を調べることができる。また、（ c ）の過程を用いれば、例えば、探針・試料間に置いた分子の振動モードが計測される。トンネル電流の大きさは、トンネル障壁の高さと幅（探針・試料間の距離）によるので、トンネル電流の距離依存性を調べることで、局所的な（ d ）に関する情報を得ることも可能である。大気中で用いる探針は、PtIr など（ e ）金属を用いる。真空中で用いる探針は、通常、W のワイヤを KOH 等の水溶液中で電解研磨して作製する。

1. (a) 1/r、 (b) 凹凸、 (c) 弾性トンネル、 (d) 仕事関数、 (e) 酸化しやすい
2.(a) 指数関数、(b) 凹凸、 (c) 非弾性トンネル、(d) 状態密度、 (e) 酸化しにくい
3. (a) 指数関数、(b) 状態密度、(c) 弾性トンネル、 (d) 仕事関数、 (e) 酸化しやすい
4. (a) 1/r、 (b) 仕事関数、(c) 非弾性トンネル、(d) 状態密度、 (e) 酸化しにくい
5. (a) 指数関数、(b) 状態密度、(c) 非弾性トンネル、(d) 仕事関数、 (e) 酸化しにくい

問６０　次の文章中の（ a ）～（ e ）に入れるのに最も適切な語句の組み合わせを以下の 1

～5 から選びなさい。

実験室系の X 線回折測定では一般に、銅（Cu）の（　a　）を入射 X 線として利用する。この（　a　）は主に CuKα1 線と CuKα2 線からなり、個々の（　a　）の強度で加重平均された CuK$\overline{\alpha}$ 線とも呼ばれる。その波長は（　b　）Å である。高分解能測定においては、完全結晶の回折現象を利用したモノクロメータ・コリメータ（単にモノクロメータとも呼ばれる）結晶素子により、（　c　）と（　d　）された X 線を利用する。この場合には CuKα1 線のみが取り出され、その波長は（　e　）Å である。

1. (a) 特性 X 線、 (b) 1.54059、 (c) 単色化、 (d) 平行化、 (e) 1.5444
2. (a) 特性 X 線、 (b) 1.5418、 (c) 単色化、 (d) 平行化、 (e) 1.54059
3. (a) 白色 X 線、 (b) 1.5418、 (c) 白色化、 (d) 量子化、 (e) 1.54059
4. (a) 白色 X 線、 (b) 1.56059、 (c) 規格化、 (d) 量子化、 (e) 1.54059
5. (a) 特性 X 線、 (b) 0.7107、 (c) 白色化、 (d) 平衡化、 (e) 0.7102

問６１　透過電子回折で試料から距離 L に置かれた平板スクリーン上で、回折図形を観察する。スクリーン上の中心スポットと回折スポットとの距離を r、その回折スポットに対応する試料結晶の格子面間隔を d、電子線の波長を λ とすると r と d の積 $r \cdot d$ として適切な式はどれか。1～5 の番号で答えなさい。

1. $(\lambda L)^{1/2}$　2. λL　3. λ / L　4. λ^2 / L　5. L^2 / λ

問６２　真空中の気体から真空容器の壁面の単位面積に単位時間当りに入射する分子数は $\Gamma = p/(2\pi mkT)^{1/2}$ で表され、27℃ p=1 Pa のもとではおよそ 1 cm^2 当り毎秒 3×10^{18} 個の分子が入射する。真空容器壁面に円形開孔があり理想的な真空ポンプが接続されている。理想的な真空ポンプは開孔に入射する気体分子を全て吸い込み、真空容器への気体分子の逆流が無いものである。接続されている理想的な真空ポンプの開孔面積が 80 cm^2（直径約 10 cm の開孔）である場合、このポンプの排気速度は次のうちいずれが適切か。1～5 の番号で答えなさい。（アボガドロ数を 6×10^{23} /mol とする。）

1. 約 5 リットル/秒、 2. 約 40 リットル/秒、 3. 約 110 リットル/秒、
4. 約 400 リットル/秒、5. 約 900 リットル/秒

問６３　真空中に残留する気体は理想気体の状態方程式　$p = nkT$ に従う．（p は圧力、n は気体分子数密度、k はボルツマン定数 1.38×10^{-23} J/K、T は絶対温度）10^{-4} Pa のときの気体分子数密度で最も適切なものはどれか。（温度を 27℃とする。）最も適切な分子数密度を 1～5 の番号で答えなさい。

1. 1.4×10^{14} m^{-3}、 2. 2.4×10^{16} m^{-3}、 3. 2.4×10^{18} m^{-3}、 4. 7.5×10^{20} m^{-3}、
5. 2.4×10^{22} m^{-3}

2011.3.11

問６４　超高真空領域の圧力を測定する真空計として不適切な真空計は何か。不適切な真空計だけをすべて含む組合せを以下の 1～5 の番号で答えなさい。

(a) マクラウド真空計、　(b) 熱電対真空計、　(c) ベアード・アルパート真空計、
(d) ピラニ真空計、　(e) エクストラクタ真空計

1. (a) (c) (d)、　2. (a) (c) (e)、　3. (a) (b) (d)、　4. (a) (b) (c)、　5. (c) (d) (e)

2012.4.11

問６５　真空中に残留する気体は理想気体の状態方程式　$p = nkT$ に従う。ここで p は圧力、n は気体分子数密度、k はボルツマン定数 1.38×10^{-23} J/K、T は絶対温度である。27℃で 100 Pa のときの気体分子数密度で最も適切なものはどれか。1～5 の番号で答えなさい。

1. 2.4×10^{23} m^{-3}、 2. 2.7×10^{21} m^{-3}、 3. 2.4×10^{20} m^{-3}、 4. 2.7×10^{24} m^{-3}、 5. 2.4×10^{22} m^{-3}

問６６　真空中に残留する気体は理想気体の状態方程式　$p = nkT$ に従う。ここで p は圧力、n は気体分子数密度、k はボルツマン定数 1.38×10^{-23} J/K、T は絶対温度である。27℃で 1.0×10^{-3} Pa のときの気体分子数密度で最も適切なものはどれか。1～5 の番号で答えなさい。

1. 2.7×10^{20} m^{-3}、 2. 2.7×10^{16} m^{-3}、 3. 2.4×10^{19} m^{-3}、 4. 2.4×10^{17} m^{-3}、 5. 2.4×10^{18} m^{-3}

問６７　真空中に残留する気体は理想気体の状態方程式　$p = nkT$ に従う。ここで p は圧力、n は気体分子数密度、k はボルツマン定数 1.38×10^{-23} J/K、T は絶対温度である。27℃で 1.0×10^{-10} Pa のときの気体分子数密度で最も適切なものはどれか。1～5 の番号で答えなさい。

1. 2.4×10^{10} m^{-3}、 2. 2.7×10^{12} m^{-3}、 3. 2.4×10^{9} m^{-3}、 4. 2.4×10^{11} m^{-3}、 5. 2.7×10^{9} m^{-3}

問６８　気体の中の分子の平均速度は $v = (8kT/\pi m)^{1/2}$ で表される。ここで k はボルツマン定数 1.38×10^{-23} J/K、T は絶対温度、m は分子の質量である。水素分子の平均速度は、27℃の温度で 1800 m/s である。ヘリウムの平均速度で最も近いものは次のどれか。1～5 の番号で答えなさい。

1. 1270 m/s、 2. 900 m/s、 3. 750 m/s、 4. 450 m/s、 5. 330 m/s

問６９　気体の中の分子の平均速度は $v = (8kT/\pi m)^{1/2}$ で表される。ここで k はボルツマン定数 1.38×10^{-23} J/K、T は絶対温度、m は分子の質量である。ヘリウム原子の原子量を 4、アボガドロ数 N_A を 6.02×10^{23} /mol、 27℃の温度で、ヘリウム原子の平均速度として適切なものは次のどれか。最も適切な速度を 1～5 の番号で答えなさい。

1.　1800 m/s、 2.　1270 m/s、 3.　1100 m/s、 4.　980 m/s、 5.　760 m/s

問７０　気体中の分子の平均速度は $v = (8kT/\pi m)^{1/2}$ で表される。ここで k はボルツマン定数 1.38×10^{-23} J/K、T は絶対温度、m は分子の質量である。酸素分子の分子量を 32、アボガドロ数 N_A を 6.02×10^{23} /mol、27℃の温度で、酸素分子の平均速度で最も近いものは次のどれか。最も適切な速度を 1～5 の番号で答えなさい。

1.　1270 m/s、 2.　680 m/s、 3.　580 m/s、 4.　450 m/s、 5.　250 m/s

問７１　真空中で気体分子が真空容器の壁面の単位面積に単位時間当りに衝突する数は $\Gamma = p/(2\pi mkT)^{1/2}$　で表される。ここで k はボルツマン定数 1.38×10^{-23} J/K、T は絶対温度、m は分子の質量である。温度 27℃、圧力 p = 1.0 Pa のもとでは 1 cm^2 当り毎秒およそ 3×10^{18} 個の分子が衝突する。壁面の原子数密度を 4×10^{14} 個/cm^2 として、圧力 1×10^{-4} Pa のもとで単位面積に入射する分子が容器壁面に全て付着する場合（付着確率 ＝ 1 ）、壁面の原子数密度と同じになる時間として最も適切なものを 1～5 の番号で答えなさい。

1. 約 13 秒、　2. 約 7 秒、　3. 約 1.3 秒、　4. 約 0.7 秒、　5. 約 0.13 秒

問７２　真空中で気体が真空容器の壁面の単位面積に単位時間当りに衝突する分子数は $\Gamma=p/(2\pi mkT)^{1/2}$ で表される。ここで k はボルツマン定数 1.38×10^{-23} J/K、T は絶対温度、m は分子の質量である。温度 27℃、圧力 $p=10^{-6}$ Pa で窒素ガスが真空容器に閉じ込められている。その真空容器の壁 1cm^2 に単位時間当りに入射する分子数は次のどれが適切か。1～5 の番号で答えなさい。ただし窒素分子の分子量を 28、アボガドロ数を 6.02×10^{23} /mol とする。

1. 約 3×10^4 個/秒/cm^2、　2. 約 3×10^6 個/秒/cm^2、　3. 約 3×10^8 個/秒/cm^2、
4. 約 3×10^{10} 個/秒/cm^2、　5. 約 3×10^{12} 個/秒/cm^2

問７３　Knudsen cell のような微小な面蒸発源の面法線方向を極軸にとる。極角 θ だけ傾いた方向で、距離 r に設置した基板上での成膜速度を $I(\theta)$ [nm/s]とし、この微小な面蒸発源から放出される蒸発分子の放出量の極角 θ 依存性を $\Theta(\theta)$ とするとき、適切な記述の組合せを 1~5 の中から選びなさい。

(a) θ=0°　のとき、$I(\theta)$は最大となり、$\Theta(\theta)$は、ゼロとなる。
(b) θ=90°　から 80°　まで変化するとき、$I(\theta)$と $\Theta(\theta)$は、ともに増加する。
(c) θ=0°　のとき、$I(\theta)$は最大となり、$\Theta(\theta)$も、最大となる。
(d) θ=90°　のとき、$I(\theta)$、$\Theta(\theta)$とも、θ=0°　のときと等しい。
(e) θ＝0°から 10°　まで θ が増加するとき、$I(\theta)$は減少し、$\Theta(\theta)$は増加する。

1. (a) (b) (d)、　2. (b) (c) (d)、　3. (c) (d) (e)、　4. (a) (d) (e)、　5. (a) (b) (e)

問７４　以下のスパッタ成膜に関する記述について、適切なものだけをすべて含む組合せを 1～5 の中から選びなさい。

(a) 膜中には、しばしばスパッタガスに用いた Ar が取り残されることがある。スパッタガス圧を低めに設定することで、この Ar 量を少なくすることができる。

(b) スパッタガス圧を高くしていくと、膜密度は低下する場合が多い。

(c) 金属ターゲットをスパッタガスに Ar を用いてスパッタし、室温成膜する場合、Mo のほうが、Cr よりも引っ張り応力になりやすい。

(d) ZnO 膜を Ar＋5 %O_2 でスパッタ成膜する場合、ターゲット法線方向に基板を置く場合より、ターゲットを斜め横から見込む位置に基板をおくほうが、C 軸配向した膜ができやすい。

(e) 室温成膜した膜に圧縮応力が働いていた場合、スパッタガス圧を高めにすると、応力を緩和できる場合がある。

1. (a) (c) (e)、　2. (a) (b) (d)、　3. (b) (d) (e)、　4. (a) (d) (e)、　5. (b) (c) (e)

問７５　以下のスパッタ成膜に関する記述について、適切なものだけをすべて含む組合せを１～５の中から選びなさい。

(a) スパッタ粒子がターゲットから放出されたときの運動エネルギー分布は、1~数 eV 付近にピークをもつ。

(b) マグネトロンスパッタ法では、スパッタカソード内に設置した磁石による磁場と、カソード電圧のつくる電界とで、プラズマを発生させるので、鉄などの強磁性体のターゲットをスパッタすることはできない

(c) スパッタガス圧を上げると、成膜速度は増加するが、スパッタガス圧が一定値を超えると、減少に転ずる。

(d) パルスレーザーデポジション法では、成膜粒子の運動エネルギーは、100 meV 以下である。

(e) 酸化物や、窒化物などを、反応性スパッタ法で成膜する場合、投入電力、基板温度、スパッタガス圧等の成膜条件を設定すれば、成膜速度もほぼ決まる。

1. (a) (e)、　2. (a) (b)、　3. (c) (d)、　4. a) (c)、　5. (b) (e)

問７６　膜の結晶性に関する次の記述のうち、適切なものだけをすべて含む組合せを１～5 の中から選びなさい。

(a) 膜の結晶性を高めるためには、基板温度は蒸着物質の融点以上に設定する必要がある。

(b) 膜の結晶性を高めるための基板温度は、蒸着物質の融点の絶対温度の 1/2～1/3 程度でよい。

(c) 単結晶膜の成長には、蒸着粒子の堆積速度が、再蒸発速度に近いと良い。

(d) 成膜速度が速いほうが、膜に欠陥が入りにくく、膜質が向上する。
(e) 一般にイオンシャワーを照射しながら成膜すると、結晶性が向上する。

1. (b) (c) (e)、　2. (a) (c) (d)、　3. (b) (d) (e)、　4. (a) (c) (e)、　5. (a) (b) (c)

問７７　次の文章中の（ a ）～（ e ）に入れるのに最も適切な語句の組み合わせをつぎの 1～5 から選びなさい。

X 線発生装置である（　a　）では、数 10 keV に加速された（　b　）をターゲット金属に照射して X 線を発生させている。放射された X 線のスペクトルをみると、広域の波長範囲に分布する（　c　）と、特定の波長に極めて強い強度をもつ（　d　）がある。（　c　）は、電子が物質によって制動を受けることによって発生するものである。（　d　）は、（　e　）の電子が励起されてできた正孔に上の準位から電子が落ち込むことによって､その２つの準位間のエネルギー差を持つ X 線光子として放出されたものである。

1. (a) X 線管、　(b) 電子、　(c) 連続 X 線、　(d) 特性 X 線、(e) 内殻準位
2. (a) X 線管、　(b) イオン、　(c) 白色 X 線、　(d) 単色 X 線、(e) 最外殻
3. (a) シンクロトン、(b) 電子、　(c) 背景輻射、　(d) 輝線、　(e) 価電子帯
4. (a) シンクロトン、(b) 陽子、　(c) 白色 X 線、　(d) 特性 X 線、(e) 最内殻
5. (a) クーリッジ管、(b) 電子、　(c) 制動放射、　(d) 単色 X 線、(e) K 殻

問７８　次の文章中の（ a ）～（ f ）に入れるのに最も適切な語句の組み合わせを以下の 1～5 から選びなさい。

電子線の干渉性、つまり波としての品質は、（　a　）で表される。それには、波連が進行方向にどれだけ長く続いているかを表す縦（　a　）と、波面の横方向の広がりを表す横（　a　）の２つがある。縦（　a　）は、電子線の（　b　）によって決まる。エネルギーの揃った電子線ほど一定波長の電子波になるので、縦（　a　）は長くなる。横（　a　）は、電子源の（　c　）によって決まる。電子源の（　c　）が小さく点源に近いほど横（　a　）は長くなる。横（　a　）は、電子顕微鏡や電子回折において、（　d　）や原子位置の解像度に影響する。（　e　）電子銃からの電子線は、（　f　）電子線に比べて両方の（　a　）が長い。

1. (a) コヒーレンス長、(b) 単色性、(c) サイズ、(d) 空間分解能、(e) 電界放射、(f) 熱電子放射
2. (a) 干渉距離、　(b) エネルギー、(c) 振動、(d) 波数分解能、(e) 市販、　(f) 自作
3. (a) デバイ長、　(b) 干渉性、　(c) 大きさ、(d) 空間分解能、(e) 電界放射、(f) 熱電子放射
4. (a) 遮蔽長、　(b) 干渉性、　(c) サイズ、(d) 波長分解能、(e) 熱電子放射、(f) 電界放射
5. (a) コヒーレンス長、(b) 干渉性、(c) サイズ、(d) 波長分解能、(e) 熱電子放射、(f) 電界放射

問７９　走査トンネル顕微鏡法(STM)に関する文章の（ a ）～（ d ）入れるのに最も適切な語

句の組み合わせはどれか、１～5 の番号で答えなさい。

1/*f* 雑音成分は多くの場合、測定したい信号と同じ（　a　）領域に現れてしまうため、これら雑音をローパスフィルターで取り除くことは難しい。また、STM 測定でしばしば問題になる、除振台を通過してくる機械的な振動による（　b　）雑音成分も同様である。このような雑音の影響を低減するには、ロックインアンプを用いた変調測定が有用である。しかし、ロックイン計測は、信号形状が走査方向に非対称に歪んでしまう問題を避けることができない。矩形波的な信号がオンラインのローパスフィルターに入力されると、フィルターは信号の急激な変化を（　c　）ことで高周波成分を除くため、観測される信号、即ち STM 像は必ず時刻の（　d　）側へずれて歪んでしまう。このずれは、オンラインのフィルターでは信号が次にどのように変化するかを前もって知ることが出来ないことに由来しており、因果的フィルターと呼ばれる。

1. (a) 低周波数、(b) 低周波、(c) 遅らせる、(d) 遅い
2. (a) 高周波数、(b) 高周波、(c) 遅らせる、(d) 遅い
3. (a) 低周波数、(b) 低周波、(c) 早める、　(d) 早い
4. (a) 高周波数、(b) 高周波、(c) 早める、　(d) 早い
5. (a) 低周波数、(b) 低周波、(c) 早める、　(d) 遅い

問８０　走査プローブ顕微鏡法(SPM)に関する文章の（ a ）～（ e ）入れるのに最も適切な語句の組み合わせはどれか、１～5 の番号で答えなさい。

一般的な SPM 装置において、探針位置はピエゾ素子に印加する電圧に（　a　）して変化すると仮定されている。しかし、実際には、ピエゾ素子の *x y z* の３軸にはクロストーク（相互干渉）が存在し、動作特性は（　b　）で、ヒステリシス（履歴特性）を持ち、これらが測定に悪影響を与える。チューブ型のピエゾ素子では、例えば左側面が収縮し右側面が伸張することによって探針先端が中心から左方向に動かされる。このクロストークを考慮せず測定を行った場合、平らな試料を測定した画像は、ピエゾ素子の可動範囲の中心から周辺に向かって、徐々に（　c　）なるように観測される。また、ピエゾ素子の動作特性は、一般に、（　d　）電圧側で近似的に線形と見なせるが、（　e　）電圧側では伸張量に飽和傾向が見られ、さらに時間的にも変化する。従って、SPM により正しい画像を得るにはこうしたピエゾ素子の特性をあらかじめ調べておくことが大切である。

1. (a) 反比例、(b) 非線形、(c) 高く、(d) 高、(e) 低
2. (a) 反比例、(b) 線形、　(c) 高く、(d) 低、(e) 高
3. (a) 比例、　(b) 線形、　(c) 低く、(d) 低、(e) 高
4. (a) 比例、　(b) 非線形、(c) 低く、(d) 低、(e) 高
5. (a) 比例、　(b) 線形、　(c) 高く、(d) 低、(e) 高

問８１　物理蒸着成膜法(PVD)と化学気相成長法（CVD）に関する以下の記述のうち、適切な記述だけをすべて含む組合せを１つ選びなさい。

(a) PVD 法は、原子、分子、イオンが直進し、基板に衝突して付着するので被覆性が優れている。

(b) PVD 法は、原子、分子、イオンが直進し、基板に衝突して付着するので付着性が優れている。

(c) PVD 法は、物理的な作用のみで原料を輸送するので、不純物が少ない。

(d) CVD 法は、ガス状の分子が漂いながら付着するので、付着性が優れている。

(e) CVD 法は、化学反応を用いて、原料を基板に供給するので、不純物が多い。

1. (a) (b) (e)、　2. (a) (c) (d)、　3. (b) (c) (d)、　4. (b) (c) (e)、　5. (b) (d) (e)

2013.5.24