

1 仕事

解答のための基本事項

- ① 仕事と仕事の原理 ② 仕事率
③ 道具を使った仕事

◆解答◆

- (1)① 0.48 ② 仕事の原理 (2) 0.032W
(3) 0.5N (4) 0.125倍

◆解説◆

(1) 【仕事に関する問題】

物体に力を加え、力の向きに移動したとき、物体は仕事をされたという。仕事の大きさは次のように定義される。

F [N]の力を加え、力の向きに s [m]移動したときの仕事の大きさを W [J]とすると、

$$W = Fs$$

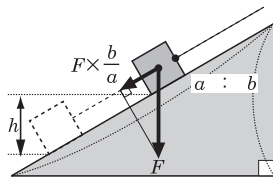
物体がされた仕事が W [J]であれば、例えば手がこの仕事をしたとすると、手が物体にした仕事も W [J]である。

ここで、はたらく重力の大きさが F [N]である物体が高さ 0 の位置から、高さ s [m]の位置まで引き上げられる仕事を考える。

引き上げる方法には、「直接力を加えて真上に引き上げる」、「斜面を使って引き上げる」、「動滑車を使って引き上げる」などいろいろあるが、どの場合でも物体のされる仕事は Fs [J]で変わらない。したがって、物体にした仕事もすべて同じである。斜面や動滑車を使うと、小さい力で行うことができるが、仕事の総量は変わらないということである。これを仕事の原理という。

ここで、斜面を使った仕事についてまとめておこう。図のような、斜面の長さ a と垂直方向の高さ b の比が $a:b$ の斜面上に、はたらく重力が F [N]の物体を置き、垂直方向の距離で h [m]引き上げる仕事を考える。

物体にはたらく斜面に平行な分力の大きさは、斜面をつくる三角形との相似を考えれば、 $F \times \frac{b}{a}$ [N]で、これが物体を斜面に沿って引き上げる力である。



垂直方向に h [m]引き上げるために、物体を斜面上で動かす距離は、やはり三角形の相似を使って、 $h \times \frac{a}{b}$ [m]である。したがって、物体を引き上げるためにした仕事は、

$$F \times \frac{b}{a} \times h \times \frac{a}{b} = Fh \text{ [J]}$$

これは、 F [N]の力で、 h [m]直接引き上げる仕事の大きさ Fh [J]と等しく、仕事の原理が成り立つことがわかる。ただし、この場合は、斜面に摩擦がない場合であって、実際には、摩擦がはたらくので、その摩擦に逆らうための力が加わる分、する仕事が大きくなる。

(2) 【仕事率に関する問題】

仕事に、それをするのにかかる時間を加味して考えたものを仕事率という。仕事率は、1秒間にする仕事を表し、その単位は、W(ワット)である。

本問の場合の仕事率は、
 $0.48 \div 15 = 0.032 \text{ [W]}$

である。

(1)の例で、物体を直接引き上げるのに、 t_1 [秒]、斜面を使った場合に t_2 [秒]かかったとすると、直接したときの仕事率は、 $\frac{Fh}{t_1}$ [W]、斜面を使ったときの仕事率は、 $\frac{Fh}{t_2}$ [W]である。

仕事の大きさの単位はエネルギーの単位と同じである。つまり、物体が仕事をされると、その分物体のもつエネルギーが増加するというのである。

(3) 【この原理に関する問題】

台車と滑車にはたらく重力は、実験1より4.8Nであるから、Aの糸が引く力は、

$$4.8 - 2.8 = 2.0 \text{ [N]}$$

Aが上に動いた距離を a とすると、Aにおける仕事は、 $2a$ である。Aが上に a だけ動くとき、三角形の相似から、Cは下に $4a$ 動くことになるから、仕事の原理より、Cを下に引く力の大きさは、

$$2a \div 4a = 0.5 \text{ [N]}$$

このように、小学校で学習したこの原理は、仕事の原理から説明できる。

(4) 【動滑車とてこに関する問題】

(3)で考察したように、てこがつり合うとき、Aにかかる力とCにかかる力の比は4:1である。Aにかかる力は動滑車を用いているので、実験3の結果から、2.4Nである。よって、Cにかかる力は、その $\frac{1}{4}$ の0.6N、したがって、

$$0.6 \div 4.8 = 0.125 \text{ [倍]}$$

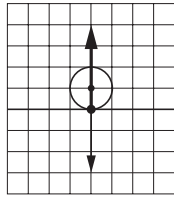
2 運動とエネルギー

解答のための基本事項

- ① 慣性の法則 ② 速さの変化
- ③ 力学的エネルギーとその移り変わり

◆解答◆

- (1) 右図
- (2) 実験1…イ, 実験2…オ
- (3) ウ
- (4) 位置エネルギーが運動エネルギーに移り変わり, 速さが大きくなったため。



◆解説◆

(1) 【慣性の法則に関する問題】

小球には、重力と、レールからの(垂直)抗力がはたらき、これらがつり合っているため、等速直線運動をしている。運動方向には力がはたらいっていないことに注意する。

(2) 【速さの変化に関する問題】

図1：PからAまでは、斜面に沿った重力の分力がはたらくため、速さが一定の割合で増える運動をし、AからGまでは、運動方向に力がはたらかないため、一定の速さで運動する。

図2：PからAまでは速さが一定の割合で増える運動をし、AからBまでは一定の速さで運動する。さらに、BからCまで速さが一定の割合で増える運動をし、CからEまでは一定の速さで運動する。EからFまでは速さが一定の割合で減る運動をし、FからGまでは一定の速さで運動する。

(3) 【力学的エネルギーに関する問題】

力学的エネルギーは保存されるため、すべての点において、小球のもつ力学的エネルギーは等しい。

なお、G点では、どちらの実験でもPからの高さの減少量が同じであるため、位置エネルギーも運動エネルギーも等しい。

(4) 【力学的エネルギーの移り変わりに関する問題】

P～A～Bおよび、F～Gにかかる時間は、図1と図2で等しい(P～A～Bは同じ状態であるから明らかで、F～Gに関しては、(3)の解説のように、運動エネルギーが等しく、速さが同じであるため)。C～Eを図1と図2で比較すると、図1における速さはA～B間と同じで、図2では、B～C間で速さが増加した分だけ速くなっている。模範解答を見ると、このことだけを説明すればよいようである(設問の「C点からE点までの速さに着目して」の部分にそれが込められているようである)。しかし、ここで、「B～C、E～Fについても説明しなければならないのでは」と考えた受験者は、相当苦勞したのではないのか。そのことで不正解になったとすれば、悲しむべきことである。

簡単に説明すれば、図2のB～C、E～F間での最も遅い速さが図1での速さと等しいので、B～C間の平均の速さ及びE～F間の平均の速さは、図1のB～C間の速さより速い。したがって、この間を進む時間も図2の方が短い。

3 硫酸と水酸化バリウム水溶液の中和

解答のための基本事項

- ① 沈殿のできる中和反応 ② 物質の生成量
③ イオンの変化

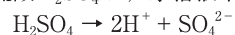
◆解答◆

- (1) H_2O (2) C (3) 0.24g

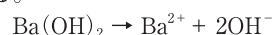
◆解説◆

(1) 【硫酸と水酸化バリウム水溶液の中和に関する問題】

硫酸 H_2SO_4 は、水溶液中で次のように電離する。

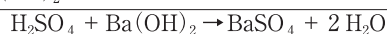
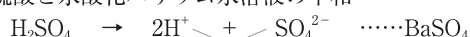


水酸化バリウム $\text{Ba}(\text{OH})_2$ は水溶液中で次のように電離する。



これらは、次のように結びつく。

硫酸と水酸化バリウム水溶液の中和



中和反応において、酸の陰イオンとアルカリの陽イオンが結びついてできた物質をまとめて塩(えん)という。塩酸と水酸化ナトリウム水溶液の中和でできる塩は塩化ナトリウムであり、水溶液中では Na^+ と Cl^- の形で存在する。一方、硫酸と水酸化バリウム水溶液の中和でできる塩は硫酸バリウムで、硫酸バリウムは水にほとんど溶けないので、混合液中に沈殿する(色は白)。

(2) 【イオンの個数に関する問題】

うすい硫酸 50cm^3 に 10cm^3 ずつ水酸化バリウム水溶液を加えていく場面を考える。

10cm^3 加える(Aに当たる)と、中和によって硫酸バリウムが 0.20g でき、同時に水ができる。さらに 10cm^3 加える(B)と、硫酸バリウムがさらに 0.20g (合計 0.40g) できる。さらに 10cm^3 加える(C)と、硫酸バリウムがさらに 0.20g (合計 0.60g) できる。さらに 10cm^3 加える(D)と、硫酸バリウムが生成しない(合計 0.60g のまま)。したがって、水酸化バリウム水溶液を 30cm^3 加えた段階で、 SO_4^{2-} と Ba^{2+} はすべて結びつき、また、 H^+ と OH^- もすべて結びつき、混合液中にイオンが存在しなくなる。

(3) 【中和の量的関係に関する問題】

(2)より、うすい硫酸 50cm^3 に対して、水酸化バリウム水溶液 30cm^3 で過不足なく中和することがわかる。したがって、うすい硫酸 20cm^3 と過不足なく中和する水酸化バリウム水溶液の体積は、 $30 \times \frac{20}{50} = 12[\text{cm}^3]$ である。したがって、うすい硫酸 20cm^3 に水酸化バリウム水溶液 15cm^3 を加えると、水酸化バリウム水溶液が 3cm^3 過剰になる。このときできる硫酸バリウムの質量は、硫酸 50cm^3 でできる硫酸バリウムの質量の $\frac{20}{50}$ であるから、

$$0.60 \times \frac{20}{50} = 0.24[\text{g}]$$

4 水溶液の見分け

解答のための基本事項

- ① リトマス紙とBTB溶液 ② 沈殿反応
③ 中和とpHの値の変化 ④ 水の電気分解

◆解答◆

- (1) ① イ ② ウ (2) ア
(3) 記号…エ, 化学式…BaSO₄ (4) エ (5) イ
(6) O₂ (7) ア

◆解説◆

(1) [リトマス紙の変化に関する問題]

酸性, 中性, アルカリ性を調べる試薬には, BTB溶液, フェノールフタレイン溶液, リトマス紙, pH試験紙(万能試験紙)などがある。液性と反応は次の通りである。

	酸性	中性	アルカリ性
BTB溶液	黄色	緑色	青色
フェノールフタレイン溶液	無色	無色	赤色
赤色リトマス紙	—	—	青色
青色リトマス紙	赤色	—	—
pH試験紙(万能試験紙)	赤色	緑色	紫色

Aがアルカリ性の水酸化バリウム水溶液であることから, Aで色が変わったリトマス紙④が赤色リトマス紙である。ここから, Bもアルカリ性であることがわかるので, Bはオの水酸化ナトリウム水溶液である。

(2) [電解質に関する問題]

実験1では, さらにCとDが中性, EとFが酸性であることがわかる。よって, CとDがアとイのいずれか, EとFがウとエのいずれかである。

次に実験2から, Dだけが電解質水溶液ではないことがわかる。非電解質はイの砂糖水の溶質だけであるから, Cがアの食塩水, Dがイの砂糖水である。

(3) [沈殿反応に関する問題]

実験3より, 水酸化バリウム水溶液と反応して沈殿を生じたEの水溶液はエのうすい硫酸であることがわかる。このときできる沈殿は硫酸バリウムBaSO₄である。

(4) [pHに関する問題]

水溶液の液性には, 酸性, 中性, アルカリ性があり, これらの強弱まで含めて数値化したものがpHである。

pHの値は, 普通0から14であり, pH7が中性である。この値が0に近づくほど酸性の度合いが強くなり, 14に近づくほどアルカリ性が強い。

(5) [イオンの数の変化に関する問題]

大問2では, それぞれのイオンの数の変化が問われたが, 本問では, 陰イオンの個数の変化が問われている。初めの水酸化ナトリウム水溶液中にはOH⁻が存在する。ここに塩酸を加えると, OH⁻が塩酸中のH⁺と結びついて水H₂Oとなって減るが, 塩酸中のCl⁻が加わるため, 陰イオンの総数には変化がない。この状態が, 混合液の液性が中性になるまで続く。混合液が中性になった後は, 加えた塩酸中のCl⁻の数だけ増えていく。したがって, 陰イオンの個数の変化のグラフはイである。

次に陽イオンの個数の変化を考えてみよう。

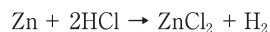
初めに水酸化ナトリウム水溶液中にあるNa⁺の数は, 塩酸を加えても変化しない。塩酸を加えていくと, 中性になるまでは, 塩酸中のH⁺は水酸化ナトリウム水溶液中のOH⁻と結びついてH₂Oになるため数は増えない。中性を超えると, 結びつくイオンがないため, H⁺が増えていく分, 陽イオン全体の個数も増えていく。したがって, 陽イオンの個数の変化を表すグラフもイと同じ形になる。

(6) [水の電気分解に関する問題]

水に水酸化ナトリウムを溶かして電圧をかけると, 水が分解して, 陰極に水素, 陽極に酸素が発生する。

(7) [水素の発生方法に関する問題]

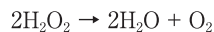
ア…亜鉛に塩酸を加えると水素が発生する。化学反応式は次の通りである。



イ…石灰石に塩酸を加えると二酸化炭素が発生する。化学反応式は次の通りである。



ウ…二酸化マンガンを過酸化水素水を加えると, 過酸化水素が分解して酸素が発生する。化学反応式は次の通りである。



エ…炭酸水素ナトリウムを加熱すると分解し, 二酸化炭素が発生する。化学反応式は次の通りである。



5 細胞分裂

解答のための基本事項

- ① 細胞分裂の観察方法 ② 細胞分裂の過程
③ 生殖と減数分裂

◆解答◆

- (1) イ (2) 工 (3) ① あ→㉘→㉙→㉚ ② a
(4) 特徴は、染色体の数が分裂前の半分の生殖細胞をつくることである。これは、2つの生殖細胞が受精してできる細胞の染色体の数が分裂前と同じになるためである。[74字]

◆解説◆

(1)(2) [細胞分裂の観察手順に関する問題]

細胞分裂を観察するときの手順のうち、重要なことは次のものである。

- 1 塩酸処理を行う。
- 2 染色を行う。
- 3 押しつぶす。

1は、塩酸によって細胞壁をとかし、細胞どうしが離れやすくなるようにするために行う。

2は、細胞の核や、細胞分裂の際にその中に現れる染色体に色をつけて、観察しやすくするために行う。染色液には、酢酸オルセイン溶液や、酢酸カーミン溶液を用いる。

3は、細胞どうしが重なり合わないように行う。染色した後、カバーガラスをかけ、その上を紙を当てて、上から押しつぶす。このとき、ずれないようにまっすぐに押しつぶす。細胞が重なっていると、観察しにくいことは言うまでもない。

1～3はそれぞれ頻出の内容である。どれが出題されても答えられるようにしておきたい。

(3) [細胞分裂の過程に関する問題]

植物の体細胞分裂の過程は次の通りである。

- 1 核の中に染色体が現れ、核膜が消える。このとき、染色体は複製されて同じものが2本ずつできる。
- 2 染色体が中央付近に並ぶ。
- 3 複製された染色体が分かれ、細胞の両端に移動する。
- 4 細胞の中央に仕切りができる。
- 5 それぞれの端の染色体が集まり、核ができ、2個の細胞になる。

㉘～㉚のそれぞれと、本文の図のa～dとの対応を細胞分裂の過程の順に並べると次の通りである。

㉘ : d → ㉙ : a → ㉚ : c → ㉛ : b

(4) [減数分裂に関する問題]

根の細胞分裂や受精卵の細胞分裂のような体細胞分裂では、細胞の核にふくまれる染色体の数は、常に同じになっているが、雄が精子、雌が卵といった生殖細胞をつくる場合には、染色体の数が半分になる減数分裂という特別な細胞分裂が行われる。

染色体は同じ役割を担う2つが対になって存在している。この細胞から生殖細胞がつけられるとき、対になった染色体の一方だけで1個の生殖細胞がつけられ、もう一方でも1個の生殖細胞がつけられる。したがって、生殖細胞の染色体の数は、体細胞の染色体の数の半分である。

染色体が半分の精細胞と卵細胞が受精すると、もともと同じ染色体数の受精卵ができる。雌雄ともに同じ役割を担う染色体を同じ数ずつもっているため、受精卵も同じように、同じ役割を担う染色体を対でもつようになる。

このように書くと、雄、雌、子と同じ染色体をもつように感じられるかもしれないが、ここでいう「同じ役割」というのは、例えば「目の色を決める」といった役割で、その色については、それぞれの染色体が同じ情報をもっているとは限らない。したがって、親と子には同じ形質が現れるとは限らないのである。これについては6の解説で詳述する。

6 遺伝の規則性

解答のための基本事項

- ① 遺伝子型 ② 遺伝の規則性

◆解答◆

- (1) 工
(2) X…Z, Y…P, Z…しわのある種子ができる [11字]
(3) あ…ア, い…ウ

◆解説◆

(1) [純系同士の受精に関する問題]

生物がもつ形や性質の特徴を、形質といい、遺伝子によって決定される。遺伝子は染色体にふくまれ、その本体は、DNA(デオキシリボ核酸)という物質である。DNAの構造については、高校の「生物基礎」で学習する。

体細胞には、同じ大きさ・形の染色体が対になって存在する。これらは本問では、「種子の形を決める」という役割を担っているが、「丸形」、「しわ形」というように、ふくまれる遺伝子に違いがある場合もある。丸形の遺伝子をA、しわ形の遺伝子をaとすると、純系の丸形はAA、しわ形はaaと表すことができる。この体細胞から生殖細胞がつけられるときに、減数分裂によって対になっている染色体が別々の生殖細胞に入る。体細胞の染色体の対がAAの遺伝子をもつ場合は、生殖細胞はどちらもAであり、aaの遺伝子をもつ場合は、どちらもaである。したがって、これらが受精してできた丸い種子の遺伝子は、すべてAaである。Aaの遺伝子をもつ種子がAの形質を示すとき、Aを優性、aを劣性の遺伝子と呼ぶ。ここでいう「優性」、「劣性」とは、遺伝子が「優れている」、「劣っている」という意味ではなく、組み合わせが「優れている」という意味ではなく、組み合わせが「優れている」として「現れる」ものを優性、「現れない」ものを劣性と呼ぶ。

これらの子の自家受粉では、Aaのエンドウの精細胞はAとa、卵細胞もAとaで、受精卵のもつ遺伝子の組み合わせは、図のようにAA、Aa、aaが、1:2:1の比になる。

	A	a
A	AA	Aa
a	Aa	aa

したがって、遺伝子が親と同じAaの子は全体の半数であるから、工が正解となる。

ア…AAとAaが丸い種子となるので、丸:しわ=3:1である。

イ…種子の1個1個が別々に受精してできるので、同じさやの中の種子の遺伝子の組み合わせが同じであるとは限らない。

ウ…種子の形質は2種類であるが、遺伝子の組み合わせは3種類である。

(2) [遺伝子の推測に関する問題]

初めに、丸形と丸形の組み合わせを考えると、図のようになり、すべて丸形になることから、何も結論がでないことに着目する。

	A	A
A	AA	AA
a	Aa	Aa

ここで、QとRのうち、Qを純系と仮定して、かけ合

わせ1と3を考えると、かけ合わせ1は純系同士の組み合わせであるから、子はすべてAaとなる。

また、かけ合わせ3は図のようになり、丸形としわ形が1：1の割合でできることがわかる。つまり、Pとのかかけ合わせによりしわ形ができたものが、純系でない種子である。

	a	a
A	Aa	Aa
a	aa	aa

(3) 【遺伝の規則性に関する問題】

黒色の遺伝子の組み合わせはbb、茶色の遺伝子の組み合わせはBBまたはBbである。次の図は、先に行った遺伝子の組み合わせで、AをB、aをbとしてかき直したものである。この問題の場合は、黒色の子が生まれているので、純系同士の組み合わせは考えられない。

	B	b
B	BB	Bb
b	Bb	bb

	B	B
B	BB	BB
b	Bb	Bb

	b	b
B	Bb	Bb
b	bb	bb

よって、黒色の子と茶色の子が生まれる組み合わせは、真ん中の図以外のものになる。左の図の両親の遺伝子型はBb、右の図の両親の遺伝子型はBbとbbであるから、遺伝子bに関しては、どちらの場合でも、両親とももっている。また、遺伝子Bに関しては、左の図の場合は両親とももっており、右の図の場合は、一方だけがもっている。

(2)、(3)ともに、推論に関する問題であるため、解説のように順に確認していけば、難しいことはないが、時間に限りのある試験場では厳しい出題であった。

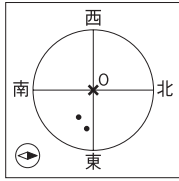
7 太陽の日周運動

解答のための基本事項

- ① 透明半球の使い方 ② 日周運動
③ 緯度の違いと日周運動の経路

◆解答◆

- (1) 右図
(2) (地球が)西から東に自転しているから。
(3) イ
(4) エ



◆解説◆

(1) 【透明半球の使い方に関する問題】

現在では、地球は自転し、かつ太陽の周りを公転していることがわかっているが、過去、長い間、「地球の周りを、太陽や星が回っている」といういわゆる天動説が信じられていた。天球とは、天が回っていると考えたときのその軌道面である。すべての天体は、この軌道面にへばりついて、地球を中心として回っているとしたモデルが天球である。そして、透明半球は、天球を、記録用にさらに小さくしたものと考えてよい。

天球の回転の中心は地球上の観測者であるから、透明半球における観測者の位置も半球の中心である。

透明半球に太陽の位置をペンで記録するときには、ペン先の影が透明半球の中心と重なる位置に印をつける。このことは、透明半球の中心から見て、印(の延長上)の位置に太陽があることを表している。

(2) 【日周運動に関する問題】

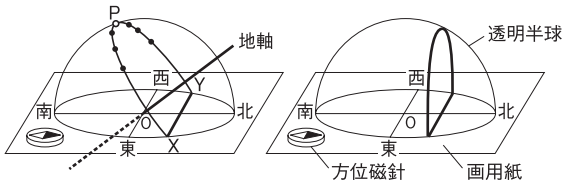
天体の日周運動は、地球の自転によって起こる天球上の見かけの運動である。天体が天球上を東から西に動いて見え、実際は天体は動かないから、地球はこれと逆に西から東に動いているといえる。

(3) 【透明半球上の太陽の速度に関する問題】

本文図3の記録は、9時から15時までの記録で、1時間に3cm動いていることがわかる。南中時刻はPの位置で、Pは11時と13時の間の2時間=120分を1:2に分ける点であるから、11時の $120 \times \frac{1}{1+2} = 40$ [分]後である。

(4) 【緯度による日周運動の経路の違いに関する問題】

本文の図2に地軸をかき込むと下左図のようになる。赤道上では、地軸が地平線と平行になるから、この図の天球を右回りに36°(日本の北緯)回転した下右図のような動きになる。



8 惑星

解答のための基本事項

- ① 地球型惑星と木星型惑星 ② 金星の見え方

◆解答◆

- (1) エ (2) 図2…ウ, 図3…エ (3) ア

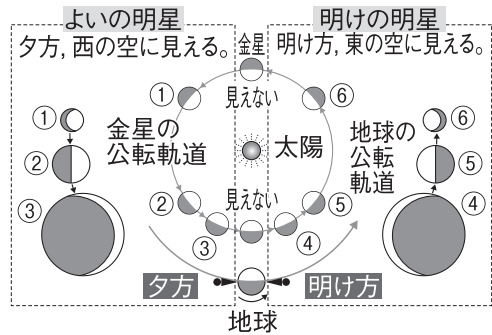
◆解説◆

(1) 【惑星の分類に関する問題】

タイプ1は、平均密度が小さく、半径が大きい惑星、タイプ2はこれとは逆に、平均密度が大きく、半径が小さい惑星である。ここから惑星を構成する物質を考えると、タイプ1は密度の小さい気体が中心、タイプ2は密度の大きい鉱物が中心と考えられる。タイプ1には、木星(A)、土星(B)、天王星(C)、海王星(D)が、タイプ2には、水星(G)、金星(F)、地球(H)、火星(E)が属する。タイプ1は太陽から遠く離れた惑星のグループ、タイプ2は太陽に近い位置にある惑星のグループである。

(2) 【太陽と金星の位置関係と見え方に関する問題】

太陽、地球、金星の位置関係と見え方を、地球と太陽を固定してまとめると、下図のようになる。これを見ると、地球から見た金星は、太陽と一定角度以上離れることがないことが見て取れる。



地球から見て、太陽の東側(左側)に金星があるとき、金星より太陽が先に沈むため、金星は日の入り後の西の空に見える。このときの金星をよいの明星と呼ぶ。「一番星見つけた」と言うときの「一番星」はよいの明星のことである。また、金星が太陽の西側(右側)にあるとき、金星の方が太陽より先に昇るため、金星は明け方の東の空に見える。このときの金星を明け方の明星と呼ぶ。

図2の金星は、上図の②と③の間にある金星で、夕方の空に見える。図3の金星は、太陽と地球の間に位置する金星である。

(3) 【公転周期と惑星の見え方に関する問題】

0.62年後に、金星と地球がどこに位置するかを考える。6月6日の金星は、本文図4の工の位置にあり、0.62年かけて太陽の周りをちょうど一周する。地球は一年で太陽の周りを一周するから、0.62年では、0.62周する。したがって、0.62年後の太陽、金星、地球の位置関係は右図のようになる。この間、金星は地球より速く動いているわけだが、0.38周分だけ先行していることになる。したがって、地球から見て、金星は常に太陽の東側にあるため、太陽より先に昇り始め、明け方の東の空に見える。

