物　　理

第１問　以下の文章を読み，解答番号 $\boxed{1}$ ～ $\boxed{12}$ にあてはまる最も適当なものを，それぞれあとの **a** ～ **e** のうちから一つ選べ。ただし，$\boxed{8}$ は **a** ～ **c** のうちから一つ選べ。

質量 m の人工衛星の運動について考える。人工衛星が地球の周りを半径 r の円軌道で公転しているとき，万有引力定数を G，地球の質量を M とすると，人工衛星にはたらく万有引力の大きさは $\boxed{1}$ である。万有引力が円運動の向心力としてはたらくので，人工衛星の速さを v とすると，$v = \boxed{2}$ となる。また，地球の自転による遠心力が無視できるとき，地表にある物体にはたらく重力と万有引力は等しくなる。地球を半径 R の球として，地表での重力加速度の大きさを g とすると，$GM = \boxed{3}$ であり，$v = \boxed{4}$ となる。

第１宇宙速度は人工衛星が地表すれすれを回る最小の速さのことで，第１宇宙速度を v_1 とすると，$v_1 = \boxed{5}$ となる。

人工衛星の公転周期を T とすると，等速円運動の式から $v = \boxed{6}$ であり，$T^2 = \boxed{7}$ となる。これはケプラーの $\boxed{8}$ が惑星の周りを公転する衛星でも成立することを意味する。

静止衛星は地上から常に静止して見える衛星で，その公転周期は地球の自転周期である１日に等しい。月の公転半径を 3.8×10^5 km，月の公転周期を 27 日とすると，静止衛星の公転半径は $\boxed{9}$ km となる。

第２宇宙速度は地球から発射された物体が無限遠に到達できる最小の速さである。地表から人工衛星を第２宇宙速度 v_2 で発射したとき，運動エネルギーは $\boxed{10}$，無限遠を基準とした万有引力による位置エネルギーは $\boxed{11}$ である。無限遠の地点で人工衛星の速さが０になるとすると，力学的エネルギー保存則から，$v_2 = \boxed{12}$ となる。

解答群

解答番号 1

[a GMm　b $GMmr$　c $\frac{GMm}{r}$　d $\frac{GMm}{r^2}$　e $\frac{GMm}{r^3}$]

解答番号 2

[a $\sqrt{GM}$　b $\sqrt{\frac{GM}{r}}$　c $\frac{\sqrt{GM}}{r}$　d $\sqrt{GMr}$　e $r\sqrt{GM}$]

解答番号 3

[a $\sqrt{gR}$　b $R\sqrt{g}$　c $g\sqrt{R}$　d gR　e gR^2]

解答番号 4

[a $\sqrt{\frac{gR}{r}}$　b $R\sqrt{\frac{g}{r}}$　c $\frac{\sqrt{gR}}{r}$　d $\frac{gR}{r}$　e $\frac{gR^2}{r}$]

解答番号 5

[a $\sqrt{\frac{g}{R}}$　b $\sqrt{gR}$　c $\frac{g}{R}$　d gR　e gR^2]

解答番号 6

[a $\frac{r}{T}$　b $\frac{1}{2\pi rT}$　c $\frac{T}{2\pi r}$　d $\frac{2\pi r}{T}$　e $2\pi rT$]

解答番号 7

[a $\frac{4\pi^2}{gR^2}$　b $\frac{4\pi^2 r}{gR^2}$　c $\frac{4\pi^2 r^2}{gR^2}$　d $\frac{4\pi^2 r^3}{gR^2}$　e $\frac{4\pi^2 r^4}{gR^2}$]

解答番号 8

[a 第1法則　b 第2法則　c 第3法則]

解答番号 9

[a 1.4×10^4　b 4.2×10^4　c 6.3×10^4　d 1.3×10^5　e 2.2×10^5]

解答番号 $\boxed{10}$

[a $\sqrt{mv_2}$　　b $\frac{1}{2}mv_2$　　c mv_2　　d $\frac{1}{2}mv_2^2$　　e mv_2^2]

解答番号 $\boxed{11}$

[a $-\frac{GMm}{R}$　　b $\frac{GMm}{R}$　　c $-\frac{GMm}{R^2}$　　d $\frac{GMm}{R^2}$　　e $-\frac{GMm}{R^3}$]

解答番号 $\boxed{12}$

[a $\frac{\sqrt{gR}}{2}$　　b $\sqrt{\frac{gR}{2}}$　　c $\sqrt{gR}$　　d $\sqrt{2gR}$　　e $2\sqrt{gR}$]

第２問　以下の文章を読み，解答番号 13 ～ 22 にあてはまる最も適当なものを，それぞれあとの a ～ e のうちから一つ選べ。

図１のように，電気容量 C_1〔F〕，C_2〔F〕の２つのコンデンサーを並列に接続し，起電力 E〔V〕の直流電源に接続した。このとき，C_1 のコンデンサーの電気量 Q_1 は 13〔C〕であり，C_2 のコンデンサーの電気量 Q_2 は 14〔C〕である。この２つのコンデンサーを１つのコンデンサーとみなしたときの電気容量（合成容量）は 15〔F〕となる。

図２のように，電気容量 C_3〔F〕，C_4〔F〕の電荷が蓄えられていない２つのコンデンサーを直列に接続し，起電力 E〔V〕の直流電源に接続した。このとき，C_3 のコンデンサーの電気量を Q〔C〕とすると，C_4 のコンデンサーの電気量は 16〔C〕である。２つのコンデンサーの電圧の和が起電力と等しいことから，E = 17〔V〕となり，この２つのコンデンサーを１つのコンデンサーとみなしたときの電気容量（合成容量）は 18〔F〕となる。

図３のように，電気容量 2.00 μF のコンデンサー C_A と，電気容量 4.00 μF のコンデンサー C_B，起電力 12.0 V の直流電源と２つのスイッチ（S_1 と S_2）を接続した回路を作成した。初めに２つのスイッチは開いており，各コンデンサーには電荷が蓄えられていないものとする。まず，S_1 を閉じて十分に時間が経過した。このとき，C_A に蓄えられた電気量は 19 C であり，C_A の静電エネルギーは 20 J である。次に，S_1 を開き，S_2 を閉じて十分に時間が経過した。このとき，C_B に蓄えられた電気量は 21 C であり，コンデンサー C_A から C_B に電荷が移動することによって失った電気エネルギーは 22 J となる。

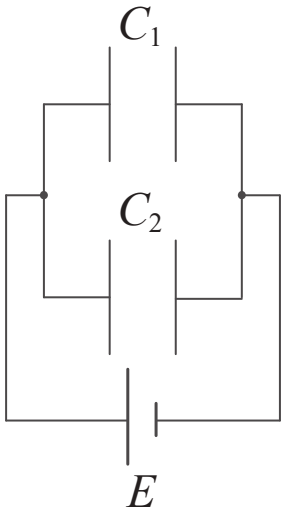

図１

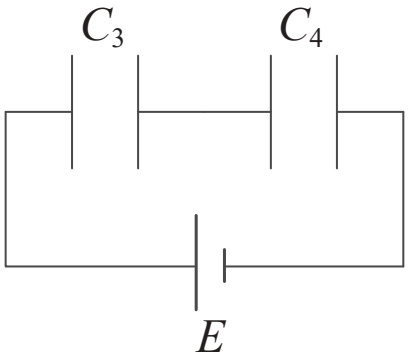

図２

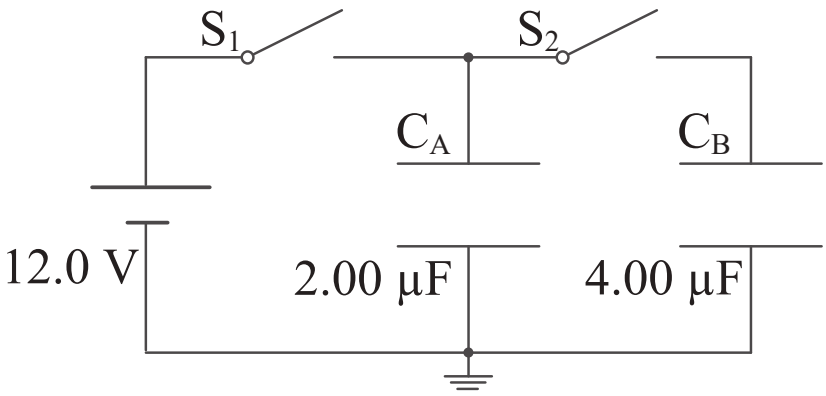

図 3

解答群

解答番号 13

[a C_1　b E　c C_1E　d $\dfrac{E}{C_1}$　e $\dfrac{C_1}{E}$]

解答番号 14

[a C_2　b E　c C_2E　d $\dfrac{E}{C_2}$　e $\dfrac{C_2}{E}$]

解答番号 15

[a $C_1 + C_2$　b C_1C_2　c $C_2 - C_1$　d $\dfrac{C_1}{C_2}$　e $\dfrac{C_2}{C_1}$]

解答番号 16

[a C_4Q　b C_3C_4Q　c $\dfrac{C_4}{C_3}Q$　d $\dfrac{C_3}{C_4}Q$　e Q]

解答番号 17

[a $(C_3 + C_4)Q$　b $(C_3 - C_4)Q$　c $\left(\dfrac{1}{C_3 + C_4}\right)Q$
d $\left(\dfrac{1}{C_3 - C_4}\right)Q$　e $\left(\dfrac{1}{C_3} + \dfrac{1}{C_4}\right)Q$]

解答番号 18

[a $\frac{1}{C_3}+\frac{1}{C_4}$　b $\frac{1}{C_3}-\frac{1}{C_4}$　c $\frac{1}{C_3+C_4}$　d $\frac{C_3C_4}{C_3+C_4}$　e $\frac{1}{C_3C_4}$]

解答番号 19

[a 1.20×10^{-5}　b 2.40×10^{-5}　c 3.60×10^{-5}
d 4.80×10^{-5}　e 7.20×10^{-5}]

解答番号 20

[a 1.20×10^{-5}　b 2.40×10^{-5}　c 7.20×10^{-5}
d 1.44×10^{-4}　e 2.88×10^{-4}]

解答番号 21

[a 1.20×10^{-6}　b 2.40×10^{-6}　c 7.20×10^{-6}
d 8.00×10^{-6}　e 1.60×10^{-5}]

解答番号 22

[a 1.20×10^{-5}　b 2.40×10^{-5}　c 4.80×10^{-5}
d 9.60×10^{-5}　e 1.44×10^{-4}]