デジタルハリウッド大学

2021 年度　一般選抜　A 方式

物理　［60 分］

【 注 意 事 項 】

1. 試験監督の指示があるまでは、問題冊子は開かないこと。
2. 試験監督から指示があったら、解答用紙に氏名・受験番号を正確に記入し、受験番号マーク欄にも受験番号を正確にマークすること。
3. 試験開始の合図後、この問題冊子を開き、16 ページ（白紙ページ含む）揃っているか確認すること。
4. 乱丁、落丁、印刷不鮮明などがある場合は、手を挙げて試験監督に知らせること。
5. 解答は、すべて別紙の解答用紙の解答欄にマークすること。
6. 試験開始から終了までの間は、試験教室から退出できません。
7. 不正行為を行った場合は、その時点で受験の中止と退室を指示され、同日受験したすべての科目の成績が原則無効となる。
8. 解答用紙は試験終了後、回収される。問題冊子は持ち帰っても良い。

第１問　次の文章（Ａ・Ｂ）を読み，下の問い（問１～９）に答えよ。〔$\boxed{1}$～$\boxed{9}$〕

Ａ　ある物体が x 軸上を運動している。x 軸の正の向きを速度，加速度の正の向きとして，この物体は時刻 $t = 0\,\mathrm{s}$ のときに原点 $x = 0\,\mathrm{m}$ を初速度 $0\,\mathrm{m/s}$ で出発し，一定の加速度 $3\,\mathrm{m/s^2}$ で加速し続けた。

問１　時刻 $t = 2\,\mathrm{s}$ のときの物体の速度として最も適当な数値を，次の①～⑥のうちから一つ選べ。$\boxed{1}$ m/s

①　2　　②　3　　③　4
④　6　　⑤　9　　⑥　12

問２　時刻 $t = 3\,\mathrm{s}$ のときの物体の位置として最も適当な数値を，次の①～⑥のうちから一つ選べ。$x = \boxed{2}$ m

①　3　　②　4.5　　③　6
④　9　　⑤　13.5　　⑥　27

問３　物体の速度が $12\,\mathrm{m/s}$ になったときの物体の位置として最も適当な数値を，次の①～⑥のうちから一つ選べ。$x = \boxed{3}$ m

①　12　　②　15　　③　18
④　24　　⑤　27　　⑥　37.5

問４　ある時刻 $t = T$〔s〕から物体は一定の加速度 $-1.5\,\mathrm{m/s^2}$ の運動になり，やがて位置 $x = 162\,\mathrm{m}$ で停止した。T として最も適当な数値を，次の①～⑥のうちから一つ選べ。
$T = \boxed{4}$ s

①　4　　②　6　　③　9
④　12　　⑤　18　　⑥　27

B　図１のように，固定された斜面上に質量 m〔kg〕の小物体がある。斜面と水平面がなす角を θ〔°〕，小物体と斜面の間の静止摩擦係数を μ_0，動摩擦係数を μ，重力加速度の大きさを g〔m/s^2〕とする。小物体の運動は図１に示された鉛直断面内でのみ行われるものとする。

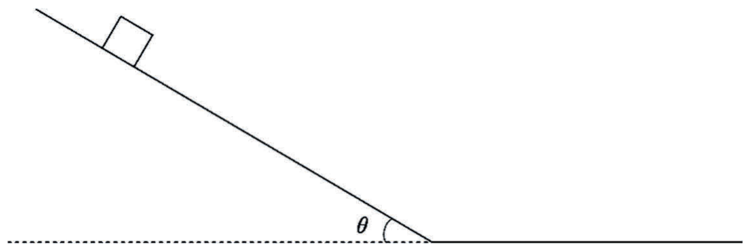

図　1

問５　小物体が斜面から受ける垂直抗力の大きさは $\boxed{\;5\;}$ $\times mg$〔N〕である。

$\boxed{\;5\;}$ に入れる式として正しいものを，次の①～⑥のうちから一つ選べ。

①　$\sin\theta$　　②　$\cos\theta$　　③　$\tan\theta$

④　$\dfrac{1}{\sin\theta}$　　⑤　$\dfrac{1}{\cos\theta}$　　⑥　$\dfrac{1}{\tan\theta}$

斜面と水平面がなす角 θ が $0°$ からゆっくり増加すると，$\theta = \theta_0$ を超えたときに小物体は斜面上をすべり始める。

問６　$\theta < \theta_0$ のとき，小物体が斜面から受ける摩擦力の大きさは $\boxed{\;6\;}$ $\times mg$〔N〕である。

$\boxed{\;6\;}$ に入れる式として正しいものを，次の①～⑥のうちから一つ選べ。

①　$\sin\theta$　　②　$\cos\theta$　　③　$\tan\theta$

④　$\mu_0\sin\theta$　　⑤　$\mu_0\cos\theta$　　⑥　$\mu_0\tan\theta$

問７　$\theta = \theta_0$ のとき，小物体が斜面から受ける摩擦力の大きさは $\boxed{\ 7\ }$ $\times mg$〔N〕である。

$\boxed{\ 7\ }$ に入れる式として正しいものを，次の①～⑥のうちから一つ選べ。

① $\dfrac{\mu_0}{\sin\theta}$　② $\dfrac{\mu_0}{\cos\theta}$　③ $\dfrac{\mu_0}{\tan\theta}$

④ $\mu_0 \sin\theta$　⑤ $\mu_0 \cos\theta$　⑥ $\mu_0 \tan\theta$

問８　$\theta > \theta_0$ のとき，小物体が斜面から受ける摩擦力の大きさは $\boxed{\ 8\ }$ $\times mg$〔N〕である。

$\boxed{\ 8\ }$ に入れる式として正しいものを，次の①～⑥のうちから一つ選べ。

① $\sin\theta$　② $\cos\theta$　③ $\tan\theta$

④ $\mu \sin\theta$　⑤ $\mu \cos\theta$　⑥ $\mu \tan\theta$

以下では，$\mu_0 = \dfrac{1}{\sqrt{2}}$，$\mu = \dfrac{1}{\sqrt{3}}$ であるとする。

問９　$\theta = 30°$のときに，小物体に初速度を与えて斜面上を下向きにすべらせる。すべっているときの小物体の加速度の大きさは $\boxed{\ 9\ }$ $\times g$〔m/s^2〕である。

$\boxed{\ 9\ }$ に入れる数値として正しいものを，次の①～⑥のうちから一つ選べ。

① 0　② $\dfrac{2-\sqrt{6}}{4}$　③ $\dfrac{2\sqrt{3}-\sqrt{6}}{4}$

④ $\dfrac{\sqrt{3}-1}{2}$　⑤ $\dfrac{\sqrt{6}-\sqrt{2}}{2}$　⑥ $\dfrac{\sqrt{6}-1}{2}$

第２問　次の問い（問１～５）に答えよ。〔 10 ～ 15 〕

問１　次の文章中の空欄 ア ・ イ に入れる数値の組合せとして最も適当なものを，下の①～⑨のうちから一つ選べ。 10

ある物体が，大きさ 6N の一定の力 F を受けながら力と同じ向きに一直線上を 2s 間で 3 m 進んだ。このときに力 F がした仕事は ア J であり，仕事率は イ Wである。

	ア	イ
①	9	9
②	9	12
③	9	18
④	12	9
⑤	12	12
⑥	12	18
⑦	18	9
⑧	18	12
⑨	18	18

問２　ある物体の速さが最初の値の $\frac{3}{2}$ 倍になると，その物体の運動エネルギーは最初の値の何倍になるか。最も適当な数値を，次の①～⑥のうちから一つ選べ。 11 倍

①　$\frac{4}{9}$　　②　$\frac{2}{3}$　　③　$\frac{3}{4}$

④　$\frac{4}{3}$　　⑤　$\frac{3}{2}$　　⑥　$\frac{9}{4}$

問３　高さが異なる二つの点（A，B）を結ぶ三つの経路（I，II，III）がある。経路Iはあらい面を持つ直線経路である。経路IIはなめらかな面を持つ曲線経路である。経路IIIはあらい面を持つ，経路IIと同じ長さの曲線経路である。経路I，II，IIIに沿って物体が点Aから点Bまで移動したときに，重力がした仕事をそれぞれ W_{I}，W_{II}，W_{III} とする。W_{I}，W_{II}，W_{III} の大小関係として最も適当なものを，次の①～⑥のうちから一つ選べ。
12

① $W_{\mathrm{I}} < W_{\mathrm{II}} = W_{\mathrm{III}}$　② $W_{\mathrm{I}} < W_{\mathrm{II}} < W_{\mathrm{III}}$　③ $W_{\mathrm{I}} = W_{\mathrm{II}} < W_{\mathrm{III}}$

④ $W_{\mathrm{II}} < W_{\mathrm{I}} = W_{\mathrm{III}}$　⑤ $W_{\mathrm{II}} < W_{\mathrm{I}} < W_{\mathrm{III}}$　⑥ $W_{\mathrm{I}} = W_{\mathrm{II}} = W_{\mathrm{III}}$

問４　自然の長さが L_1〔m〕で，ばね定数が k_1〔N/m〕のばねIと自然の長さが L_2〔m〕（$L_2 > L_1$）で，ばね定数が k_2〔N/m〕（$k_2 < k_1$）のばねIIがある。次の文A～Cの正誤の組合せとして最も適当なものを，下の①～⑧のうちから一つ選べ。13

A　ばねIが自然の長さからある長さだけ伸びていて，ばねIIが自然の長さから同じ長さだけ縮んでいるとき，二つのばねの弾性力による位置エネルギーは等しい。

B　ばねI，IIがともに自然の長さで $\frac{1}{2}k_1L_1^2 > \frac{1}{2}k_2L_2^2$ であれば，（ばねIの弾性力による位置エネルギー）>（ばねIIの弾性力による位置エネルギー）である。

C　（ばねIの弾性力の大きさ）>（ばねIIの弾性力の大きさ）であれば，必ず（ばねIの弾性力による位置エネルギー）>（ばねIIの弾性力による位置エネルギー）である。

	A	B	C
①	正	正	正
②	正	正	誤
③	正	誤	正
④	正	誤	誤
⑤	誤	正	正
⑥	誤	正	誤
⑦	誤	誤	正
⑧	誤	誤	誤

問５　図１のように，十分長い水平面上にある鉛直な壁に一端を固定されたばね定数 k〔N/m〕のばねが，自然の長さの状態で水平に静止している。水平面の点 O の左側はなめらかな面であり，点 O の右側はあらい面である。

図　1

質量 m〔kg〕の小球をばねに押しつけて，ばねが自然の長さから a〔m〕縮んだ状態にする。小球を静かに放すと，小球はばねにより打ち出され，水平右向きにすべり，やがて点 O から右側に X〔m〕離れた点で停止した。小球と点 O より右側の水平面の間の動摩擦係数を μ，重力加速度の大きさを g〔m/s²〕とする。ばねの質量と小球の大きさは無視してよい。小球の運動は図に示された鉛直断面内でのみ行われるものとする。

⑴　小球が停止するまでの間に小球が水平面から受ける垂直抗力がした仕事を表す式として正しいものを，次の①～⑥のうちから一つ選べ。$\boxed{14}$〔J〕

①　0　　②　mgX　　③　μmgX

④　$\frac{1}{4}ka^2$　　⑤　$\frac{1}{2}ka^2$　　⑥　ka^2

⑵　X〔m〕を表す式として正しいものを，次の①～⑥のうちから一つ選べ。$X=\boxed{15}$〔m〕

①　$\frac{ka^2}{4mg}$　　②　$\frac{ka^2}{2mg}$　　③　$\frac{ka^2}{4\mu mg}$

④　$\frac{ka^2}{2\mu mg}$　　⑤　$\frac{a}{2}\sqrt{\frac{k}{\mu mg}}$　　⑥　$a\sqrt{\frac{k}{2\mu mg}}$

第３問 次の文章を読み，下の問い（**問１**～**６**）に答えよ。〔 $\boxed{16}$ ～ $\boxed{21}$ 〕

図１のように，十分に広い水平面上に x 軸を，鉛直上向きに y 軸を定め，いずれも同じ質量 m〔kg〕の小球A～Eを，同じ速さ v_0〔m/s〕で原点Oから斜方投射させる。このとき，それぞれの小球の初速度の向きと x 軸がなす角 θ を，表１のように変化させる。重力加速度の大きさを g〔m/s^2〕とし，空気抵抗は無視する。また，小球は xy 平面内で運動するものとし，小球どうしの衝突は考えない。

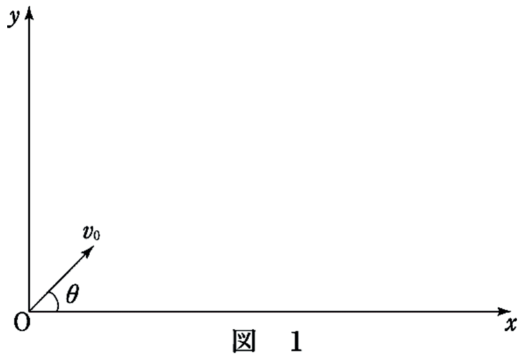

図　1

表　1

小球	θ〔°〕
A	15
B	30
C	45
D	60
E	75

問１　小球が達する最高点の高さ H が最大となるのは，小球 $\boxed{16}$ である。

$\boxed{16}$ に入れる記号として最も適当なものを，次の①～⑤のうちから一つ選べ。

①　A　　②　B　　③　C　　④　D　　⑤　E

問２　水平到達距離（落下地点の原点 O からの距離）L が最大となるのは，小球 $\boxed{17}$ である。

$\boxed{17}$ に入れる記号として最も適当なものを，次の①〜⑤のうちから一つ選べ。

①　A　　②　B　　③　C　　④　D　　⑤　E

問３　小球が投射されてから水平面上に落下するまでに，重力がした仕事を W とすると，$\boxed{18}$。

$\boxed{18}$ に入れる記述として最も適当なものを，次の①〜⑥のうちから一つ選べ。

①　どの小球も $W = 0$ である

②　どの小球も $W = \frac{1}{2}mv_0^2$ である

③　どの小球も $W = -\frac{1}{2}mv_0^2$ である

④　小球Ｃの W はほかの小球の W よりも大きい

⑤　小球Ｄの W はほかの小球の W よりも大きい

⑥　小球Ｅの W はほかの小球の W よりも大きい

問４　小球が投射されてから水平面上に落下するまでに重力から受けた力積を I とすると，$\boxed{19}$ である。ただし，力積は座標軸の正の向きを正とする。

$\boxed{19}$ に入れる記述として最も適当なものを，次の①〜⑥のうちから一つ選べ。

①　どの小球も $I = 0$　　②　どの小球も $I = mv_0$

③　どの小球も $I = -mv_0$　　④　$|I|$ が最大となるのは小球Ｃ

⑤　$|I|$ が最大となるのは小球Ｄ　　⑥　$|I|$ が最大となるのは小球Ｅ

以下では，原点 O が水平面からの高さ h の位置にある場合を考える。

問５　原点 O から斜方投射された小球の軌跡 y を表す式として正しいものを，次の①～⑥のうちから一つ選べ。$y =$ $\boxed{20}$

① $-\dfrac{g}{2v_0^2\cos^2\theta}x^2 + (\sin\theta)\,x$　　② $-\dfrac{g}{2v_0^2\cos^2\theta}x^2 + (\cos\theta)\,x$

③ $-\dfrac{g}{2v_0^2\cos^2\theta}x^2 + (\tan\theta)\,x$　　④ $-\dfrac{g}{2v_0^2\tan^2\theta}x^2 + (\sin\theta)\,x$

⑤ $-\dfrac{g}{2v_0^2\tan^2\theta}x^2 + (\cos\theta)\,x$　　⑥ $-\dfrac{g}{2v_0^2\tan^2\theta}x^2 + (\tan\theta)\,x$

問６　v_0 を一定に保ったときの水平到達距離を最大にする投射角 θ は，落下点が投射点と同じ高さ $y = 0$ にある場合は簡単に計算できるが，落下点が高さ $y = -h$ にある場合は計算が煩雑になる。微分計算をしないで答えを得る方法の一つとして，小球の軌道が $y = -h$ に達したときの x 座標と投射角 θ の関係を $\tan\theta$ の２次方程式で表し，その２次方程式が実数解を持つための条件を考察するというものがある。このときの $\tan\theta$ の２次方程式として正しいのは $\boxed{21}$ $= 0$ である。

$\boxed{21}$ に入れる式として正しいものを，次の①～⑥のうちから一つ選べ。

① $\tan^2\theta - \dfrac{v_0^2}{gx}\tan\theta + \left(1 - \dfrac{v_0^2}{gx^2}h\right)$　　② $\tan^2\theta - \dfrac{v_0^2}{gx}\tan\theta + \left(1 - \dfrac{2v_0^2}{gx^2}h\right)$

③ $\tan^2\theta - \dfrac{v_0^2}{gx}\tan\theta + \left(2 - \dfrac{v_0^2}{gx^2}h\right)$　　④ $\tan^2\theta - \dfrac{2v_0^2}{gx}\tan\theta + \left(1 - \dfrac{v_0^2}{gx^2}h\right)$

⑤ $\tan^2\theta - \dfrac{2v_0^2}{gx}\tan\theta + \left(1 - \dfrac{2v_0^2}{gx^2}h\right)$　　⑥ $\tan^2\theta - \dfrac{2v_0^2}{gx}\tan\theta + \left(2 - \dfrac{v_0^2}{gx^2}h\right)$

第４問　次の文章を読み，下の問い（問１～６）に答えよ。〔$\boxed{22}$～$\boxed{27}$〕

質量 M の恒星の重心を中心として，質量 m の惑星が軌道半径 r の等速円運動をしている。恒星は静止していて，惑星に働く力は恒星からの万有引力だけであるとする。万有引力定数を G，円周率を π とする。

問１　惑星の円運動の速さ v を表す式として正しいものを，次の①～⑥のうちから一つ選べ。$v=$ $\boxed{22}$

① $\sqrt{GM}$　② $\sqrt{2GM}$　③ $\sqrt{\dfrac{GM}{r}}$

④ $\sqrt{\dfrac{2GM}{r}}$　⑤ $\dfrac{GM}{r}$　⑥ $\dfrac{2GM}{r}$

問２　惑星の円運動の角速度 ω を表す式として正しいものを，次の①～⑥のうちから一つ選べ。$\omega=$ $\boxed{23}$

① $\dfrac{\sqrt{GM}}{2\pi}$　② $\dfrac{\sqrt{2GM}}{2\pi}$　③ $\sqrt{\dfrac{GM}{r}}$

④ $\sqrt{\dfrac{2GM}{r}}$　⑤ $\dfrac{1}{r}\sqrt{\dfrac{GM}{r}}$　⑥ $\dfrac{1}{r}\sqrt{\dfrac{2GM}{r}}$

問３　惑星の円運動の周期の２乗は $\boxed{24}$ する。

$\boxed{24}$ に入れる記述として最も適当なものを，次の①～⑥のうちから一つ選べ。

① 惑星の質量に比例
② 惑星の質量に反比例
③ 惑星の質量の３乗に比例
④ 恒星の質量に比例
⑤ 恒星の質量に反比例
⑥ 恒星の質量の３乗に比例

問４　惑星の力学的エネルギー（運動エネルギーと万有引力による位置エネルギーの和）E を表す式として正しいものを，次の①～⑥のうちから一つ選べ。ただし，万有引力の位置エネルギーは無限遠を基準とする。$E =$ $\boxed{25}$

① $-\dfrac{GMm}{2r}$　② $-\dfrac{GMm}{r}$　③ $-\dfrac{2GMm}{r}$

④ $\dfrac{GMm}{2r}$　⑤ $\dfrac{GMm}{r}$　⑥ $\dfrac{2GMm}{r}$

以下では，同じ恒星Ｓのまわりを等速円運動する軌道半径r_1，公転周期 T_1，質量 m_1 の惑星１と軌道半径 r_2（$r_2 > r_1$），公転周期 T_2（$T_2 > T_1$），質量 m_2 の惑星２について考える。惑星１，惑星２の軌道面は同一平面上にあるとする。惑星は恒星Ｓからの万有引力だけを受けるとみなし，惑星間の万有引力は無視する。

問５　あるときに，恒星Ｓ，惑星１，惑星２がこの順で一直線上に並んだ。次に，恒星Ｓ，惑星１，惑星２が同じ順で再び一直線上に並ぶのは，時間 t が経過したときとする。t を表す式として正しいものを，次の①～⑥のうちから一つ選べ。$t =$ $\boxed{26}$

① T_1　② T_2　③ $\dfrac{T_1 + T_2}{2}$

④ $\dfrac{T_2 - T_1}{2}$　⑤ $\dfrac{\left(\sqrt{T_2} - \sqrt{T_1}\right)^2}{2}$　⑥ $\dfrac{T_1 T_2}{T_2 - T_1}$

問６　惑星１の面積速度を p_1，惑星２の面積速度を p_2 とする。$\dfrac{p_2}{p_1}$ を表す式として正しいものを，次の①～⑥のうちから一つ選べ。$\dfrac{p_2}{p_1} =$ $\boxed{27}$

① 1　② $\sqrt{\dfrac{r_2}{r_1}}$　③ $\sqrt{\dfrac{r_1}{r_2}}$

④ $\dfrac{r_2}{r_1}$　⑤ $\dfrac{r_1}{r_2}$　⑥ $\left(\dfrac{r_2}{r_1}\right)^{\frac{3}{2}}$