第１問

問１　２つの波源で発生する波が同一周期，同一振幅，**同位相**の場合，波源からの距離の差が波長の整数倍 $m\lambda$（＝半波長の偶数倍，$2m \times \lambda/2$）である位置で２つの波は強め合います。これは教科書どおり。本問のように２つの波源で発生する波が**逆位相**の場合，２つの波が強め合う条件は半波長ずれて「半波長の奇数倍」$(2m+1) \times \lambda/2 = (m+1/2)\lambda$ となります。よって $\boxed{1}$ の正解は②。

問２　中学物理でよくやった問題。スクリーン上に映る実像は光源と上下左右が逆向きですから，$\boxed{2}$ の正解は③。次に，レンズの一部を隠しても，光源の各部から出た光がレンズのどこかを通過しさえすれば像を結びますから，像のどこかが欠けるようなことはありません。ただし像を結ぶ光線の量が減りますから像の全体が暗くなります。$\boxed{3}$ の正解は③。

問３　重力加速度を g として，円板の重心Oに Mg，点Qに mg の力が，いずれも鉛直下向きにはたらいています。∠OPC＝θ とすれば，点Cのまわりの力のモーメントのつり合いの式は $Mg \times x\cos\theta = mg \times (d-x)\cos\theta$。これを解いて，$x = md/(M+m)$。$\boxed{4}$ の正解は②。なお，平行線と線分の比の性質（中学数学）により $\cos\theta$ を考慮しなくとも問題なく解けます。

問４　理想気体の内部エネルギーは絶対温度に比例します。A→Bでは定積で圧力が増加していますから温度は上昇。定積ですから気体は外部に仕事をせず，加えられた熱量はすべて内部エネルギーの増加になります。次にB→Cは断熱で体積が増加（断熱膨張）していますから，外部にする仕事の量だけ内部エネルギーは減少します。またC→Aでは定圧で体積が減少していますから，シャルルの法則（体積は絶対温度に比例）により温度は低下。以上より温度は $T_A < T_C < T_B$，したがって内部エネルギーは $U_A < U_C < U_B$ となり，$\boxed{5}$ の正解は②。なお，p-V 図のA，B，Cを通る pV ＝一定の等温線ア，イ，ウを考えると，原点に近いほうからア，ウ，イの順となります。等温線が原点から離れるほど高温ですから，温度はAが最低，Bが最高とわかります。

問５　$\boxed{ア}$ は右ねじの法則により (c)。$\boxed{イ}$ はフレミングの左手の法則により (d)。導線１の電流 I_1 が導線２の位置につくる磁場の強さを H とすると $H = I_1 / 2\pi r$，導線２の長さ ℓ の部分が受ける力の大きさを F とすると $F = \mu_0 H I_2 \ell = \mu_0 I_1 I_2 \ell / 2\pi r$ でこれが $\boxed{ウ}$。よって $\boxed{6}$ の正解は⑦。

第２問　Aさんの仮説はもちろん誤りです。力と質量によって決まるのは速さではなく，**加速度**です。「速さ v」の部分を「加速度の大きさ a」とすれば正しい。

問１　下線部 (a) の内容を式に表せば $v \propto F/m$ …★となります。ふだん加速度について $a = F/m$ と書いているのと同じ要領です。さて「v は F に比例」「v は m に反比例」ですから，正しいグラフはまず①か④と絞られます。①では，m が大なほど v は小となるのですから，「m 大」と「m 小」が逆です。④は★より $vm \propto F$ であることと合っています。よって $\boxed{7}$ の正解は④。

問２　台車を糸が引く力の大きさ＝ばねばかりを手が引く力の大きさ ですから，$\boxed{8}$ の正解は①。また，「各測定」というのは「いろいろな大きさの力で」台車を引く一つひとつの操作ですから，そのとき台車とおもりの質量の和が変わってはいけません。よって $\boxed{9}$ の正解は②。

問３　ア，イ，ウのそれぞれを「同じ大きさの一定の力で」引いた結果が図２で，いずれも時間とともに速さが増加しています。**等加速度運動**ですから当然でしょう。$\boxed{10}$ の正解は④。

問４　物体の運動量を p, 物体が受ける力を F(一定), 時間 Δt の間の運動量の変化を Δp, この間に物体が受けた力積を $F\Delta t$ とすると，$\Delta p = F\Delta t$ 。これより $\Delta p/\Delta t = F$（一定)。これは「運動量－ 時刻」グラフの傾きが一定ということを意味します。$\boxed{11}$ の正解は④。

問５　小球を打ち上げる前，小球も台車とともに水平方向に速度 V で運動しています。小球が打ち上げられた後も，台車・小球とも**慣性**によりこの速度は変わらず，$V_1 = V$ です。台車と小球の運動量の水平成分の和の保存を式にすれば
$(M+m)V = MV_1+mV_1$ で，これからも $V_1 = V$ となります。$\boxed{12}$ の正解は①。

問６　おもりが鉛直下向きに運動して衝突したあと，おもりは台車と一体となっているので，**完全非弾性衝突**（反発係数 $e = 0$）です。①…衝突後，台車には左向きに摩擦力がはたらいているはずですから，水平方向の速度は減少しています。そもそも，おもりの分だけ質量が増加していますから，速度が変化しないはずがありません。②…運動量の鉛直成分は保存しません。外力がはたらかない限り運動量は保存されますが，この場合は床からの垂直抗力という**外力**が台車にはたらいているからです。また，運動量は**ベクトル量**ですから，水平成分 M_2V と鉛直成分 M_2v_2 を単純に足しても意味はありません。④…運動エネルギーが保存されるのは完全弾性衝突（反発係数 $e = 1$）の場合です。⑤…エネルギーは**スカラー量**ですから，水平方向・鉛直方向に分けて考えることはできません。また，①で見たように左向きに摩擦力がはたらいていますから，運動エネルギーは保存しません。$\boxed{13}$ の正解は③。

第３問　高校入試でときどき見かける素材。おおむね中学物理で解けます。

問１　誘導起電力の波形からコイル間 0.20 m を 0.4 s で移動したことがわかります。
速さは $0.20\ \mathrm{m} \div 0.4\ \mathrm{s} = 0.5\ \mathrm{m/s} = 5 \times 10^{-1}\ \mathrm{m/s}$。$\boxed{14}$，$\boxed{15}$ の正解は⑤，①。

問２　$\boxed{16}$ …誘導起電力は誘導電流のつくる磁束がコイルを貫く磁束の変化を妨げるような向きに生じ（レンツの法則)，この磁場によって台車は運動の向きと逆向きの力を受けます。正解は②。台車の運動エネルギーの一部が電気エネルギーに変換されるために速さが減少すると考えてもいいでしょう。$\boxed{17}$ …この力が小さいということは，一定の誘導起電力に対して誘導電流が小さいということですから，オームの法則により回路の抵抗が大きいのです。つまりオシロスコープの内部抵抗は大きい。正解は③。
$\boxed{18}$ …空気抵抗を速さに比例するとして $-kv$（負号は進行方向と逆向き，k は定数）と書き，台車の質量を m，加速度を a とすると，$-kv = ma$，$a = -kv/m$。v が小さく m が大きいとき a は小さくなります。正解は①。

問３　変更の前後で誘導起電力の波の間隔は同じなので,台車の速さは変わっていません。波の振幅が 2 倍になっているのは誘導起電力が 2 倍になったからで，誘導起電力は単位時間あたりの磁束の変化に比例しますから，磁石の断面積が 2 倍になったのだと考えられます。$\boxed{19}$ の正解は⑤。③では磁束は変わらず，④では磁力線が相殺します。

問４　最初の波だけ正負が逆なのはコイルの巻き方が逆だから。$\boxed{20}$ の正解は③。

問５　誘導電流のつくる磁場が台車の運動に及ぼす影響は小さく，水平面上では等速運動をしたので，斜面を下る運動は等加速度だと考えられます。コイル間を通過する時間は１→２より２→３のほうが短くなります。また，コイルを通過する速さは１→２→３の順に大きくなるので，誘導起電力もこの順に大きくなります。$\boxed{21}$ の正解は④。

第４問　物理らしい計算がここに集中している感じです。

問１　$\boxed{\text{ア}}$…角速度の定義どおり，$\omega = v\ /\ r$ 。$\boxed{\text{イ}}$…微小時間Δt の間の速度の差の大きさは，図２(b)のベクトル図では$\omega\Delta t$ を中心角とする弦の長さですが，$\omega\Delta t$ が微小なので弧の長さ（破線）に等しいとして弧度法で求めます。半径 v，中心角 $\omega\Delta t = (v/r)\Delta t$ より，弧の長さは $v \times (v/r)\Delta t = (v^2/r)\Delta t$ 。$\boxed{22}$ の正解は⑥。

問２　力のオーダーの違いを議論すれば十分ということです。万有引力 $GMm\ /\ r^2$ の静電気力 k_0e^2/r^2 に対する比は

$$\frac{GMm}{k_0e^2} = \frac{(6.7 \times 10^{-11}) \times (1.7 \times 10^{-27}) \times (9.1 \times 10^{-31})}{(9.0 \times 10^{9}) \times (1.6 \times 10^{-19})^2}$$

$$= (10\text{ より小さい数}) \times \frac{10^{-69}}{10^{-29}} = (10\text{ より小さい数}) \times 10^{-40}$$

となります。$\boxed{23}$ の正解は④。上式の「10 より小さい数」は約 4.5 です。

問３　量子条件を満たす電子の運動エネルギーを K，無限遠を基準とした静電気力による位置エネルギーを U とすると，$K = (1/2)mv^2$，$U = -k_0e^2/r$。ここで「円運動の向心力は陽子と電子の間にはたらく静電気力のみである」(1行目）ことから，運動方程式は $mv^2/r = k_0e^2/r^2$，よって $mv^2 = k_0e^2/r$ となり，$K = (1/2)mv^2 = (1/2)k_0e^2/r$ と書けます。したがって，$E_n = K + U = (1/2)k_0e^2/r + (-k_0e^2/r) = -(1/2)k_0e^2/r$。これに軌道半径 $r = n^2h^2/4\pi^2k_0me^2$ を代入すると，$E_n = -2\pi^2k_0^2 \times me^4/n^2h^2$ が得られます。$\boxed{24}$ の正解は④。

問４　電子がエネルギー準位 E からエネルギー準位 E'（$E > E'$）に移るとき，その差のエネルギーを１個の光子として放出します。光子のエネルギーは $h\nu$ と表されますから，$h\nu = E - E'$，よって $\nu = (E - E')/h$。$\boxed{25}$ の正解は②。