

		分野	問題概要	
第1問 各分野 から		問1 力	カベクトルの和を求める	
		問2 エネルギー	エネルギーの変換(化学 電気、運動 電気)	
		問3 力、気体、液体	空気、液体の圧力	
		問4 音波	自由端での音波の反射と入射波との重なり	
		問5 電磁気	金属パイプ、ガラスパイプ中を落下する磁石の誘導電流	
第2問 波 電気	A	問1 縦波の振動数	波の変位グラフ(変位 vs 位置)から振動数を求める	
		問2 媒質が密の位置	同上で媒質が最も密となる位置を求める	
	B	問3 電気(変圧器)	1次2次のコイルの巻き数比と電圧	
		問4 電気(送電)	送電線での電圧、電流、抵抗と消費電力	
第3問 力 運動	A	問1 ばねのエネルギー	滑らかな面上でばねから物体を放出したときの速さ	
		問2 運動エネルギー	運動エネルギーから重力による位置エネルギーへの変換	
	B	問3 重力下での運動	重力の加速度の下で物体を投げ上げたときにかかる時間	
		問4 同上	同上で、物体の高さと時間の関係のグラフ	

合計 13 問

< 総評 >

理科 の(物理基礎、化学基礎、生物基礎、地学基礎)の4科目の中から2科目を選択し60分で解答する。1科目受験は認められない。

したがって、各科目実質30分以内で解答することが求められる。13問だから、1問2分以内の解答がめやすである。文章をしっかりと読んで、しっかりと考えても時間のゆとりができる程度の難易度の問題である。しかし、考え始めると、時間は容赦なく過ぎて30分、1時間が経過する。科目名通り、基礎的な問題であり、ことさら難しいものではない。教科書をよく読んで練習問題によって理解を確認しておけば対応できる。

とはいえ、やや難しい問題もある。第1問 問4では、自由端での波の反射の仕方に加え、入射波と反射波の重なりを考える必要があり、やや難しい。問5も厳密に考えると時間かかるので、物理直感的に考えて、判断したい。

第2問Aの縦波の問題では、グラフを読み取ることが必要である。波動のグラフには、変位 vs 位置(時間一定) 変位 vs 時間(位置一定)の二つがあることを理解しておく。縦波では媒質の疎密の位置がある。教科書でよく理解しておく。

第2問Bでは変圧器を扱う。送電線での電力損失を減らす工夫は重要なことから、よく理解しておくこと。

		分野	問題概要	難易度
第1問 各分野 (必答)		問1 重力下での運動	初速度が同じで投げ角による物体の落下時間比較	C
		問2 静電気による力	帯電した棒と絶縁体との間に働く力	C
		問3 波の式	変位対時間表示のグラフから、波の式を求める	B
		問4 運動	物体 A から物体 B が放出されるとききの相対速度	B
		問5 熱	水に金属球を入れたときの温度変化	C
第2問 電磁気 (必答)	A	問1 コンデンサー回路	コンデンサーの並列接続、直列接続での蓄積電荷	B
		問2 コンデンサー特性	コンデンサーの極板間の電場と静電エネルギー	B
	B	問3 帯電粒子の運動	帯電粒子の運動に及ぼす電場の力	A
		問4 同上, 磁場の力	磁場による帯電粒子の運動軌跡と所要時間	A
第3問 波動 (必答)	A	問1 音波の干渉	両端のスピーカーからの音波の干渉による定在波	B
		問2 同上ドップラー効果	同上で動く観測者が受ける両端音波のうなり	A
	B	問3 薄膜による光波干渉	薄膜境界からの反射光の干渉条件	A
		問4 同上で波長との関係	同上で光波の波長が変化したときの効果	B
第4問 力学 (必答)	A	問1 重力下での運動	重力下での小物体の壁面、円筒面、天井面での運動	B
		問2 同上	天井面の端点を通過する速さ	B
	B	問4 ばねと運動	小物体を乗せた台が等速運動してばねを縮める運動	B
		問5 同上で摩擦力	ばねの縮みによる加速度(減速)と小物体の摩擦力	A
第5問 気体 (選択)		問1 気体の圧力	温度同一、体積と物質量が異なる2容器の圧力比	C
		問2 気体の状態方程式	2つの容器間を繋いだときの気体の状態変化	B
		問3 気体内部エネルギー	同上で気体の内部エネルギーの変化	B
第6問 原子 (選択)		問1 光電効果	光電効果における光の粒子性、電子のエネルギー	C
		問2 光電電流と印加電圧	光電管の電流電圧特性と電子の速さ	B
		問3 同上で光源の変更	光源変更(波長の変化)による電流電圧特性変化	B

合計 20 問 A : 5(5)問 B : 11(11)問 C : 4 問 難易度 : A 高, B 中, C 低 ()は第6問

< 総評 >

去年に比べ、問題構成はほぼ同じで、設問数は1問減った。第5問(気体)、第6問(原子)の選択であることも同様。

計算や思考を要する問題も混じっているので、設問を平均2.5分ほどで解答することは、なかなか厳しい。とはいえ難問奇問ではないので、慌てたり焦ったりしないことだ。教科書を熟読し練習問題を解いて、物理の基本的な知識と考え方をしっかり身に付けておこう。

第1問問4で「物体Aに対する物体Bの相対速度」という場合、直ちに「物体Bの速度 - 物体Aの速度」のように理解しなければならない。

第2問Bでは帯電粒子に及ぼす電場、磁場の力が問われる。問題図に電場、磁場、力等をベクトル表示しながら考えてみよう。

第1問 次の問い(問1~5)に答えよ。(配点 20)

問1 ② 難易度C

力のベクトルは $\vec{F}_1(4, 2)$, $\vec{F}_2(-1, 3)$ だから,

これらの合力 $\vec{F}(F_x, F_y) = \vec{F}_1(4, 2) + \vec{F}_2(-1, 3) = \vec{F}(3, 5)$ である。

問2 ⑥ 難易度C

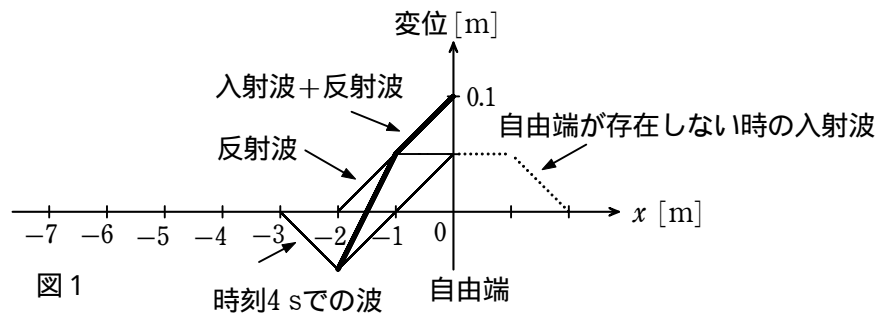
石油や天然ガス等の化石燃料がもつのは ア 化学エネルギーである。風力発電は空気が動く風という空気の イ 運動エネルギーを利用するものである。

問3 ① 難易度B

大気と接している液体表面の高さでの圧力のつり合いから, $P_0 = P + \rho hg$, $\therefore P = P_0 - \rho hg$

問4 ③ 難易度B

図1のように, 時刻4sの波が自由端で反射して, 入射波と重なる。太線のようになる。(図1では $-3 \leq x < -2$ を太線で表示していない。入射波と重なるのを避けるためである)。



問5 ⑤ 難易度A

ウ 銅パイプの中を磁石が落下するときには, 磁石による磁場が銅を横切って移動するので, 電磁誘導によりウ 銅パイプに電流が流れる。銅の抵抗によってジュール熱が発生し, エネルギーが消費される。これは磁石が落下する運動エネルギーが変換されたものといえる。一方 エ ガラスパイプの中を磁石が落下するときには, ガラスは絶縁体だから誘導電流は発生しない。

磁石の落下時間は, オ 銅パイプの方が長い。なぜなら磁石の運動エネルギーが減少するということは, 落下の速さが減少することであり, その分, 落下時間が長くなる。

コメント:

問5で電磁誘導による電流は銅パイプの円周に沿って流れる。磁石の落下を妨げるような電磁力を発生する向きに電流が流れる。

第2問 次の文章(A・B)を読み, 下の問い(問1~4)に答えよ。(配点 15)

A

問1 ① 難易度C

問題図1から波長は4 m, (振動数) = (波の速さ) / (波長) = $\frac{340}{4} = 85$ Hz

問2 ② 難易度B

媒質が最も密になるのは、変位の方向が正から負へと変化する点である。その点に向かって、左の媒質が正方向へ、右の媒質が負方向へ変位するから、その点で媒質が最も密になる。そのような点はbのみである。aの左右の媒質は正方向に変位しているから、密にはならない。cでは左右の媒質が負方向に変位しているから密にはならない。dでは左の媒質が負方向に、右の媒質が正方向に変位しているから、媒質は疎になる。

B

問3 ⑤ 難易度C

変圧器の1次側と2次側の電圧の比はコイルの巻き数の比に等しい。

問4 ⑧ 難易度B

交流の電圧を V 、電流を I とすると、その電力は $\boxed{A}IV$ と表される。消費電力は(電流)×(電圧) = (電流)×(電流×抵抗)である。したがって送電線の抵抗値が R であるとき、送電線で消費される電力は $\boxed{I}I^2R$ となる。したがって送電線での消費電力を小さくするには、電圧を \boxed{B} 高くして送電する。

コメント：

問題図1において波長と疎密波の変位を理解していなければならない。

抵抗での消費電力 = (電流)×(電流×抵抗)を理解していなければならない。

第3問 次の文章(A・B)を読み、下の問い(問1～4)に答えよ。(配点 15)

A

問1 ⑤ 難易度B

ばねを x だけ縮めたときの弾性エネルギーは $\frac{1}{2}kx^2$ 、

水平面上を速さ v で運動する小物体の運動エネルギーは $\frac{1}{2}mv^2$

エネルギー保存の法則により、両者は等しい。 $\frac{1}{2}kx^2 = \frac{1}{2}mv^2$ 、 $\therefore v = \sqrt{\frac{k}{m}}x$

問2 ④ 難易度C

点Aでの重力による位置エネルギーは mgh 、

エネルギー保存の法則により、 $mgh = \frac{1}{2}mv^2$ 、 $\therefore h = \frac{v^2}{2g}$

B

問3 ② 難易度B

時刻 t での小物体の速さは $v = v_0 - gt$ 、時刻 $t = t_1$ で最高点に達したので $v = 0$ になる。

したがって、 $0 = v_0 - gt_1$ 、 $\therefore t_1 = \frac{v_0}{g}$

問4 ④ 難易度B

$y = v_0t - \frac{1}{2}gt^2$ だから、放物線のグラフとなる。

コメント：

重力の作用の下で鉛直上方に物体を投げ上げた場合の小物体の速さや位置と時間の関係は基本的な運動の問題である。その表示式は直ちに書き下すことができないから。

理科 (物理, 化学, 生物, 地学) 1科目受験では60分, 100点

物理 (注) この科目には, 選択問題があります。(3ページ参照。)

第1問 (必答問題)

問1 ① 難易度C

小球1の方が高く上がるから, 地面に落下するまでの時間は大きくなる。

問2 ① 難易度C

正に帯電した棒が作る電場が不導体(絶縁体)に作用して電子を引き寄せるので, 不導体が誘電分極して電子が表面に現れ, 不導体と棒の間にア引力が働く。正に帯電した棒が導体Bの電子を静電誘導により引き寄せるので, 棒と導体Bの間にはイ引力が働く。導体Aの電子はBに移動したので, 導体Aはウ正に帯電している。

問3 ④ 難易度B

図3から波の周期は $T=2\text{ s}$, したがって振動数 $f=\frac{1}{T}=0.5$, 波長は $\lambda=\frac{\text{波の速さ}}{\text{振動数}}=\frac{2}{0.5}=4\text{ m}$,

したがって変位 $y=0.2\sin 2\pi\left(\frac{t}{T}-\frac{x}{\lambda}\right)=0.2\sin \pi\left(t-\frac{x}{2}\right)$

コメント：

x 軸の正の向きに進む正弦波は $\sin 2\pi\left(\frac{t}{T}-\frac{x}{\lambda}\right)$, 負方向へ進む波は $\sin 2\pi\left(\frac{t}{T}+\frac{x}{\lambda}\right)$ と表される。

正の向きに進む波の位置 x における位相は $x=0$ における位相よりも $\frac{x}{\lambda}$ 遅れるからである。負の向きに進む波は逆に $\frac{x}{\lambda}$ 進んでいるからである。

問4 ④ 難易度B

物体Aの速さを V とする。運動量保存の法則から, $MV+mv=0$, $\therefore V=-\frac{m}{M}v$,

したがって物体Aに対する物体Bの相対速度は $v-V=v+\frac{m}{M}v=\frac{M+m}{M}v$

問5 ⑤ 難易度C

温度 T_1 , 熱容量 C_1 の水が有している熱エネルギーは C_1T_1 , 温度 T_2 , 熱容量 C_2 の金属球が有している熱エネルギーは C_2T_2 , 金属球を水に入れて等しい温度 T になったとき, エネルギー保存の法則により $(C_1+C_2)T=C_1T_1+C_2T_2$, $\therefore T=\frac{C_1T_1+C_2T_2}{C_1+C_2}=\text{エ}$ である。この変化はオ不可逆変化である。

第2問 (必答問題)

次の文章 (A・B) を読み、下の問い (問1～4) に答えよ。

[解答番号 1] ~ [5] (配点 25)

A

問1 ① 難易度 B

$$-Q_1 + Q_2 + Q_3 = 0 \text{ だから, } Q_1 = Q_2 + Q_3$$

$$C_2 + C_3 = 4 = C_1 \text{ だから, } C_1 \text{ にかかる電圧は } \frac{10}{2} = 5 \text{ V, } Q_1 = C_1 V_1 = 4 \times 10^{-6} \times 5 = 2 \times 10^{-5}$$

問2 ② 難易度 B

極板間隔 d に電圧 V_0 がかかっているため、電場の大きさは $E = \frac{V_0}{d}$ 、蓄えられた静電エネルギーは

$$U = \frac{1}{2} C V_0^2 = \frac{1}{2} \times \frac{\epsilon_r S}{d} \times V_0^2 = \epsilon_r \times \frac{1}{2} \times \frac{S}{d} \times V_0^2 = \epsilon_r U_0$$

B

問3 ③ ⑤ 難易度 A

正の帯電粒子の紙面内の右方向への速さは変化せず、上方への速さが下方への速さに反転しているから、電場は下方に向いている。

粒子は右回りに回転しているため、磁場は紙面に垂直で裏から表向きである。

問4 ④ 難易度 A

粒子の速度ベクトル \vec{v} と磁場ベクトル \vec{B} が作る平面に垂直方向に力が働くため、特定の点の方向に常に力が働く。すなわち向心力となるため、円運動となる。点 P と Q で速度ベクトル \vec{v} に垂直方向だから、その交点が円運動の中心である。その半径は $\frac{\sqrt{2}}{2} L$ だから、P から Q に動くのに要する

$$\text{時間は } \frac{1}{4} \times 2\pi \times \frac{\sqrt{2}}{2} L \times \frac{1}{v} = \frac{\sqrt{2} \pi L}{4v}$$

コメント：

速さベクトル \vec{v} で動いている正電荷 q の荷電粒子に磁場ベクトル \vec{B} が及ぼす力は $\vec{F} = q \vec{v} \times \vec{B}$ 。
 $\vec{v} \times \vec{B}$ の方向は \vec{v} から \vec{B} へ右ねじを回したときに進む方向である。

第3問 (必答問題)

次の文章 (A・B) を読み、下の問い (問1～4) に答えよ。

[解答番号 1] ~ [4] (配点 20)

A

問1 ② 難易度 B

スピーカー A, B から進行する音波が重なりあって、定在波ができた結果、音が最も強めあう点 (腹) が等間隔 L で存在した。定在波の腹の間隔は進行波の波長の半分である。

$$L = \text{波長} \div 2 = \frac{\text{波の速さ}}{\text{波の振動数}} \div 2 = \frac{V}{2f_0}$$

問2 ⑦ 難易度 A

観測者が A から受けた音波の振動数は、ドップラー効果によって、 $\frac{V - (-v)}{V} f_0 = \frac{V + v}{V} f_0$

B から受けた音波の周波数は同様に、 $\left| \frac{-V - (-v)}{V} \right| f_0 = \frac{V - v}{V} f_0$

単位時間あたりのうなりの回数は両振動数の差だから、 $\frac{V + v}{V} f_0 - \frac{V - v}{V} f_0 = \frac{2v}{V} f_0$

コメント：

定在波の腹の間隔は元の波の波長の半分になることは物理基礎の教科書によって理解しておくこと。

波動分野ではドップラー効果やうなりに関する問題が頻出する。良く理解し、記憶しておくこと。

音源が動く場合、観測者が動く場合、近づく場合、遠ざかる場合といろいろな変化が考えられるので、出題しやすい。ドップラー効果は学問上も実用上も応用が広いので、重要視される。

B

問3 ⑥ 難易度 A

屈折率 n の薄膜中での光の速さは $\frac{c}{n}$ だから、厚さ d の薄膜を往復する時間は

$$\text{㉔} t = 2d \div \left(\frac{c}{n} \right) = \frac{2dn}{c}$$

境界面 A と境界面 B で反射した二つの光が強めあう条件は、

境界面 A で反射するとき位相が π 変化するので、 $\frac{2d}{\lambda} = m - \frac{1}{2}$ 、しかるに波長 $\lambda = \frac{c}{n f}$ だから

$$\frac{2dnf}{c} = m - \frac{1}{2}, \therefore tf = m - \frac{1}{2}, \therefore t = \text{㉕} = \left(m - \frac{1}{2} \right) \frac{1}{f}$$

問4 ③ 難易度 B

薄膜が光の波長よりも十分に薄いときは、二つの反射光の位相差は π だから、 ㉖ 弱めあった。

徐々に薄膜を厚くしていくと二つの反射光は ㉗ 強めあった。二つの反射光が弱めあう条件は、問3

から $2d = \left(m - \frac{1}{2} \right) \lambda$ だから、 d_1 が最も小さいのは、波長が最も小さい ㉘ 青色の場合である。

第4問 (必答問題)

次の文章 (A・B) を読み、下の問い (問1～4) に答えよ。

[解答番号 ㉑ ~ ㉔] (配点 20)

A

問1 ⑥ 難易度 B

点 O における小物体の運動エネルギーは $\frac{1}{2} m v_0^2$

点 A における小物体の力学的エネルギーは点 O を基準として、

運動エネルギーが $\frac{1}{2} m v_A^2$ 、重力による位置エネルギーが $m g (h + R)$

エネルギー保存の法則により、 $\frac{1}{2} m v_0^2 = \frac{1}{2} m v_A^2 + m g (h + R)$

$$\therefore v_A = \sqrt{v_0^2 - 2g(R+h)}$$

問2 ㉔ 難易度 B

小物体がA点を通るということは天井面に接触しているということである。すなわち天井面からの抗力 N が存在するということである。

$$\text{点Aで小物体の鉛直方向の力のつり合いは, } N + mg = \frac{mV_A^2}{R}, \therefore N = \frac{mV_A^2}{R} - mg,$$

$$N \geq 0 \text{ だから, } V_A \geq \sqrt{gR}, \text{ したがって } V_A \text{ の最小値は } \sqrt{gR}$$

コメント:

点Aで小物体には下方に天井面からの抗力 N , 重力 mg , 上方に円運動の遠心力 $\frac{mV_A^2}{R}$ が働き, つり合っている。

B

問3 ㉕ 難易度 B

$$\text{ばねに衝突する前のばねの運動エネルギーは } \frac{1}{2}(M+m)v^2$$

$$\text{ばねが } d_1 \text{ だけ縮んだときの弾性エネルギーは } \frac{1}{2}kd_1^2$$

$$\text{エネルギー保存の法則により } \frac{1}{2}kd_1^2 = \frac{1}{2}(M+m)v^2, \therefore d_1 = \sqrt{\frac{M+m}{k}}v$$

問4 ㉖ 難易度 A

$$\text{加速度を } a \text{ とすれば, } (M+m)a = kd, \therefore \boxed{\mathcal{A}} = a = \frac{kd}{M+m}$$

$$d = d_2 \text{ のとき最大摩擦力と慣性力がつりあうので, } \mu mg = ma = \frac{mkd_2}{M+m}, \therefore \boxed{\mathcal{I}} = d_2 = \frac{M+m}{k}\mu g$$

コメント:

小物体と台が一体となって水平右方向へばねを押しながら移動している。すると、ばねの縮みによる弾性力 kd が台と小物体に働く。すなわち左方へ力 $(M+m)a = kd$ が作用し、台は減速する。

加速度 a で水平右方向へ移動する台の上で小物体が静止している。台に固定された座標系から見ると、小物体には水平左方向へ慣性力 ma が働いている。小物体と台との間に働く摩擦力が慣性力に抗して、小物体が動くことを止めている。 d が大きくなり d_2 を超えると、慣性力が最大摩擦力 μmg を上回り、小物体は台上を滑りはじめる。

第5問・第6問は、いずれか1問を選択し、解答しなさい。

第5問 (選択問題)

次の文章を読み、下の問い(問1~3)に答えよ。

[解答番号 $\boxed{1}$ ~ $\boxed{3}$] (配点 15)

問1 ㉗ 難易度 C

$$\text{容器 A の気体の状態方程式は } p_A V_A = n_A RT, \text{ 容器 B の気体の状態方程式は } p_B V_B = n_B RT,$$

$$\text{ただし } T \text{ は気体の温度で, ここでは大気の大気温度に等しい。したがって } \frac{p_A}{p_B} = \frac{n_A V_B}{n_B V_A}$$

問2 ③ 難易度 B

容器 A の気体の状態方程式は $pV_A = n_A'RT$, 容器 B の気体の状態方程式は $pV_B = n_B'RT$,

したがって $pV_A + pV_B = (n_A' + n_B')RT = (n_A + n_B)RT = p_A V_A + p_B V_B$, $\therefore p = \frac{p_A V_A + p_B V_B}{V_A + V_B}$

問3 ⑤ 難易度 B

この系には熱の出入り, および仕事のやりとりはないので, コックを開ける前後で気体の内部エネルギー全体の変化はない。計算するまでもなく, $U_0 - U_1 = 0$ としたい。これを確認してみよう。

容器 A の気体の内部エネルギー $\frac{3}{2}n_A RT$, 容器 B の気体の内部エネルギー $\frac{3}{2}n_B RT$,

コックを開ける前の気体の内部エネルギーの和は $U_0 = \frac{3}{2}(n_A + n_B)RT$

コックを開けた後の

容器 A の気体の内部エネルギー $\frac{3}{2}n_A' RT$, 容器 B の気体の内部エネルギー $\frac{3}{2}n_B' RT$,

コックを開けた後の気体の内部エネルギーの和は $U_1 = \frac{3}{2}(n_A' + n_B')RT$

$n_A + n_B = n_A' + n_B'$ だから, $U_0 = U_1$, $\therefore U_0 - U_1 = 0$

コメント:

気体の状態方程式の問題である。この現象設定では, 容器 A と B の気体の温度は同じで, 大気温度に等しく変化しないこと, 物質量の和は変化しないことが明らかである。問3は, コックの開閉に伴い発生する現象には熱の出入りと仕事のやりとりがないことに注目すること。

第6問 (選択問題)

光電効果に関する次の問い(問1~3)に答えよ。

[解答番号 ~] (配点 15)

問1 ⑥ 難易度 C

光電効果は光の 粒子性 によって説明される。金属に振動数 ν の光を当てたとき, 金属内の電子が1個の光子を吸収すると, 電子は $E = \text{イ} = h\nu$ のエネルギーを得る。金属の仕事関数が W であるとき, 金属から飛び出した直後の電子の運動エネルギーの最大値は $E - W$ である。

問2 ⑧ 難易度 B

電極 a の電位が $-V_0$ のとき, はじめて光電効果による電子が電流となって現れる。したがって

電極 a の電位が $-V_0$ のとき, 電極 b を飛び出す電子のうち運動エネルギー $\frac{1}{2}mv^2 \leq eV_0$ の電子は

電極 a に到達することができない。したがって, 電子の速さの最大値は $v = \sqrt{\frac{2eV_0}{m}}$

問3 ④ 難易度 B

光電効果により飛び出す電子の運動エネルギーの最大値は $\frac{1}{2}mv^2 = h\nu - W$

この実験系では $\frac{1}{2}mv^2 = eV_0$ で, V_0 は変化していない。したがって光源の交換によって振動数 ν

は変化しない。電流は交換後に減少しているため, 電極 b に入射する光子の数は交換前より少ない。

コメント：

光の粒子性を証明する現象として、最も分かり易いものが光電効果である。光電効果は現代物理学の大きな成果の1つとして、実用上も重要である。光電効果を光電子増倍管は光の検出に欠かせない。ニュートリノの検出で有名なカミオカンデでは微弱な光を検出するために光電子増倍管が多数設置された。

光の検出器としての光電子増倍管の多くは太陽電池など半導体を利用した安価なデバイスに代わられた。しかし微弱な光を検出する性能は他の追従を許さないので、高性能の光検出器として高度の科学技術分野で多用されている。

160812